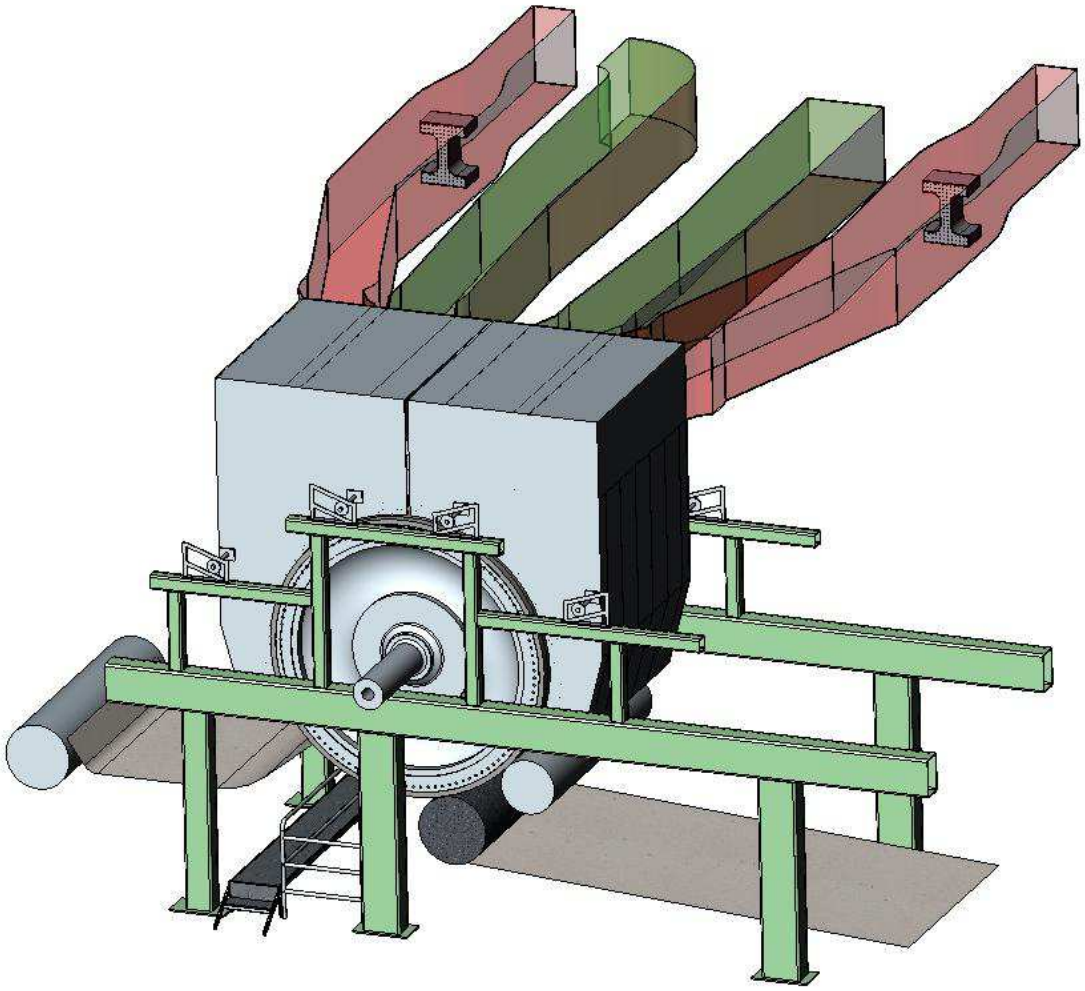


# CILINDRO MONOLUCIDO

# INDICAZIONI PER LA SICUREZZA

Dicembre 2014

# INDICE


1 INCIDENTI ..... 3
1.1 ELENCO INCIDENTI ..... 3
1.2 ANALISI CAUSE CEDIMENTI ..... 7
1.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE ..... 10
1.3.1 MATERIALI ..... 11
1.3.2 MANTELLO CON BORDO FLANGIA SPORGENTE ..... 13
1.3.3 MANTELLO CON I BORDI RASTREMATI ..... 14
1.3.4 COLLEGAMENTO MANTELLO/TESTATE CON ORGANI FILETTATI ..... 15
1.3.5 COLLEGAMENTO MANTELLO/TESTATE TRAMITE SALDATURA ..... 16
1.3.6 SISTEMI DI COIBENTAZIONE DELLE TESTATE E ALTRE SOLUZIONI PER IL RISPARMIO ENERGETICO ..... 17
1.4 TIPICI DANNEGGIAMENTI ..... 18
2 MESSA IN SERVIZIO : DM 329/2004 ..... 21
2.1 MESSA IN SERVIZIO ..... 21
2.2 IL FABBRICANTE DEL CILINDRO MONOLUCIDO ..... 24
2.2.1 IL MANUALE ISTRUZIONI ..... 25
2.3 ELEMENTI DELLA ANALISI DEI RISCHI ..... 26
3 DOCUMENTAZIONE PER L'UTILIZZATORE ..... 31
3.1 DOCUMENTAZIONE DEL CILINDRO MONOLUCIDO ..... 31
3.1.1 DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' ..... 31
3.1.2 TARGA ..... 32
3.1.3 DATI TECNICI ..... 33
3.1.4 DESCRIZIONE ..... 36
3.1.5 SICUREZZA ..... 36
3.1.6 ESERCIZIO : PROCEDURE DI RISCALDAMENTO E DI RAFFREDDAMENTO ..... 36
3.1.7 ESERCIZIO : REGIME ..... 37
3.1.8 CONTENUTI DEL REGISTRO ATTREZZATURA ..... 37
3.2 DOCUMENTAZIONE IMPIANTO VAPORE ..... 38
3.3 DOCUMENTAZIONE IMPIANTO AEROTERMICO ..... 38
4 CONDIZIONI OPERATIVE DEL CILINDRO MONOLUCIDO ..... 39
5 RISCALDAMENTO, RAFFREDDAMENTO ..... 40
5.1 PROCEDURA DI RISCALDAMENTO ..... 40
5.1.1 CONDIZIONI INIZIALI ..... 41
5.1.2 FASE DI PRE-RISCALDAMENTO ..... 41
5.1.3 FASE DI PRESSURIZZAZIONE ..... 42
5.2 PROCEDURA DI RAFFREDDAMENTO ..... 43
5.3 CONTROLLO ATTUAZIONE DELLE PROCEDURE ..... 43

6 MANCANZA CARTA SUL CILINDRO.....44
7 ACCOSTAMENTO E PRESSIONE DI CONTATTO PRESSE .....46
7.1 ACCOSTAMENTO .....46
7.2 PRESSIONE DI CONTATTO .....47
8 GESTIONE DEGLI INCENDI LOCALI .....48
9 SOLLECITAZIONE PER CORPI ESTERNI .....50
10 APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA.....51
11 INTERVENTI ALL'INTERNO DEL MONOLUCIDO.....52
11.1 PREMESSA .....52
11.2 OPERAZIONI PRELIMINARI.....52
11.3 TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI .....52
11.4 PERSONALE INCARICATO.....53
11.5 MISURE DI SICUREZZA.....53
11.6 CONDIZIONI OPERATIVE .....54
11.6.1 PREMESSA .....54
11.6.2 ASPETTI DA VALUTARE.....54
11.7 EMERGENZA E RELATIVI PRESIDI .....56
12 CONTROLLI & RIPARAZIONI .....57
12.1 CONTROLLO ORGANI DI COLLEGAMENTO TESTATE .....57
12.2 SISTEMI DI COIBENTAZIONE DELLE TESTATE.....57
12.3 SPINATURE .....57
12.4 RETTIFICHE.....57
13 VERIFICHE DI LEGGE .....59
13.1 VERIFICHE DI PRIMO IMPIANTO.....59
13.2 VERIFICHE PERIODICHE .....59
14 ADDESTRAMENTO & FORMAZIONE.....61
15 RINGRAZIAMENTI.....62

# 1 INCIDENTI

## 1.1 ELENCO INCIDENTI

La fonte più attendibile per quanto riguarda i dati storici sugli incidenti occorsi ai cilindri monolucidi è rappresentata dalla TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI) costituita ormai da molti anni negli USA.

La TAPPI ha un apposito comitato tecnico dedicato alla sicurezza del cilindro monolucido:

YANKEE DRYER SAFETY AND RELIABILITY COMMITTEE (YDSRC)

Il YDSRC ha prodotto la lista degli incidenti (vedere allegato YDSRCP YD Failures List (1934-2006).pdf) riportata nelle Tab. 1 e Tab. 2. Nella lista sono elencati 80 eventi avvenuti nel mondo dal 1934 al 2006 e sono evidenziati gli incidenti che hanno provocato esplosioni. A questi deve essere aggiunto almeno un altro incidente che ha provocato l'esplosione del monolucido avvenuto in Italia a Lucca alla fine del 2010.

Yankee Dryer Failures reported to TAPPI

| No. | Year | Yrs Service at Failure | Diameter | Face Length | Crack Location | Factor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | <1934 | | | | Shell | Tapped Shell Design |
| 2 | 1934 | | 12 | | Shell, axial, edge | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 3 | 1937 | | | | Shell, axial, edge | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 4 | 1940 | | | | Shell, axial, edge | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 5 | 1940 | | | | shell | Cracked Shell |
| 6 | 1940 | | | | journal | Cracked Journal |
| 7 | 1941 | | 10 | | Shell, axial, edge | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 8 | 1942 | | 10 | | Shell, axial, edge | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 9 | 1945 | | 12 | | shell, inside | Tapped Shell Design, Crack on shell ID |
| 10 | 1946 | | 10 | | shell, axial, edge | Recessed flange design, Long shell crack |
| 11 | 1947 | | 12 | | EXPLODED | Inadequate felt roll maintenance, roll journal cracked & impacted shell |
| 12 | 1948 | | | | shell, axial, edge | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 13 | 1949 | | 12 | | Shell, circ | Recessed flange design, Circ shell crack, head blew off |
| 14 | 1956 | 5 | 12 | 120 | shell, axial, edge | Unknown, externally induced stress produced an axial shell crack at H/S joint OD |
| 15 | 1968 | 0 | 15 | 206 | shell, axial, edge | Shell edge exten, drilled holes, metal stitched (crack at startup), removed after 3 yr |
| 16 | 1971 | 3 | 12 | 142 | EXPLODED | Shell edge exten, drilled holes, edge spray, head design |
| 17 | 1973 | 15 | 14 | 148 | shell, axial, middle | Shell shrinkage porosity, thickness reduction |
| 18 | 1975 | 5 | 12 | 135 | EXPLODED | Faulty repair procedures, residual stresses |
| 19 | 1975 | | 12 | 110 | EXPLODED | Large section of shell blew out |
| 20 | 1975 | 15 | 12 | | shell, axial, edge | Superheated steam, steam erosion damage, bolting stresses |
| 21 | 1978 | 7 | 16 | 216 | head, circ | Improper hood operation (cracked through the head, at constant head thickness) |
| 22 | 1978 | | 10.5 | | shell | |
| 23 | 1980 | | 12 | 146 | shell, axial, edge | Head/Shell Joint, design, drilled holes |
| 24 | 1981 | 6 | 14.75 | 146 | EXPLODED | Steam leaks, bolted joint design, overhung shell flange |
| 25 | 1983 | 31 | 12 | 98 | EXPLODED | Stationary warmup |
| 26 | 1983 | | 12 | 133 | shell, circ | Cracked through a line of plugs |
| 27 | 1985 | | 10 | 120 | shell, axial, edge | Tapped shell design, superheat, casting quality (?) |
| 28 | 1985 | 18 | 15 | 207 | head, circ, flange | Head cracked at bolt circle, H/S corrosion, low bolt torque |
| 29 | 1986 | 17 | 16 | 90 | head, circ, flange | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion, filled with condensate while stationary |
| 30 | 1986 | 37 | 13 | 110 | EXPLODED | PCV failed open, inadequate SRV capacity |
| 31 | 1986 | 24 | 16 | 115 | head, circ, flange | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion |
| 32 | 1986 | 20 | 15 | 207.5 | head, circ, flange | Suspected head cracked at spigot fit, H/S corrosion |
| 33 | 1986 | 8 | 12 | 131 | shell, axial, edge | Severe steam leak erosion at bolt holes, overhung shell flange |
| 34 | 1986 | 6 | 16.4 | 226 | head, circ, flange | Thousands of shell plugs, through-shell steam leaks |
| 35 | 1987 | 51 | 12 | 135 | shell, axial, edge | Fire fighting, thermal stress, P/R stress |
| 36 | 1988 | 28 | 12 | 143 | head, circ, flange | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion, steam leaks, P/R cover failure, edge sprays |
| 37 | 1988 | 16 | 12 | 130 | shell, axial, edge | Shell flange overhang was machined off, P/R loaded above design, fast warmups |
| 38 | 1988 | 7 | 10.5 | 104 | head, circ, flange | Head cracked at bolt circle, H/S corrosion, P/R cover failed |
| 39 | 1989 | 12 | 16 | 242 | head, circ, flange | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion, steam leaks |
| 40 | 1989 | 17 | 12 | 135.5 | EXPLODED | Shell flange overhang, acicular, H/S corrosion |

**Tab. 1 - Tabella Cedimenti Cilindri Monolucidi N° 1÷40**

Yankee Dryer Failures reported to TAPPI

| No. | Year | Yrs Service at Failure | Diameter | Face Length | Crack Location | Factor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 41 | 1989 | 29 | 10 | 140 | shell circ, middle | Microstructure change due to failure of infrared heater interlock while stationary |
| 42 | 1989 | 29 | 13.1 | 145.7 | shell, axial, edge | Shell flange overhang, H/S corrosion, metal stitched (1 year of service) |
| 43 | 1989 | 1 | 12 | | EXPLODED | Suspect shell flange/taper design |
| 44 | 1989 | 21 | 12 | 120 | head, circ, flange | Steam leaks, excessive repairs & pumping, suspected head crack |
| 45 | 1990 | 28 | 12 | 138 | head, circ, flange | Head cracked at bolt circle, H/S corrosion |
| 46 | 1991 | 6 | 10.5 | 98 | head, circ, flange | Head cracked at bolt circle, H/S joint corrosion jacking |
| 47 | 1991 | 23 | 12 | 183 | head, circ, flange | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 48 | 1992 | 28 | 15 | 208 | head, circ, flange | Suspected head cracked at spigot fit, H/S corrosion |
| 49 | 1993 | 6 | 16.4 | 191 | shell, circ | Dryer failed due to overpressure during a field hydro-test |
| 50 | 1993 | 11 | 15 | 224 | head, circ, flange | Head/Shell steam leaks, corrosion jacking |
| 51 | 1994 | 26 | 12 | 115.4 | EXPLODED | Shell failed during startup, no sheet & cold water, overhung shell flange w/ tapped hole |
| 52 | 1994 | 13 | 16 | 242 | head, circ, flange | Excessive Head Tilt |
| 53 | 1994 | 17 | 12 | 151 | head, circ, flange | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 54 | 1995 | 8 | 18 | 242 | shell, axial, flange | Shell flange crack |
| 55 | 1995 | 8 | 12 | 156 | head microcracking | Fire fighting, lost 50 days of production due to head machining in-place |
| 56 | 1995 | 62 | 14 | 120 | EXPLODED | Overhung shell Flange, shell & head cracks, shell cooled (water hose) when sheet lost |
| 57 | 1995 | 9 | 16.4 | 226 | head, circ, flange | Head/Shell steam leaks, corrosion jacking |
| 58 | 1995 | | 11.8 | 122 | bolt leakage | |
| 59 | 1995 | 16 | 18 | 231 | head, circ, flange | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 60 | 1996 | 30 | 15 | 228 | journal | Numerous bearing failures, may be due to insulation sleeve faulty, lube practices |
| 61 | 1997 | 8 | 11.8 | 134 | shell, axial, edge | Capscrew, cracked shell at capscrew hole, axial crack 8 inches long at surface |
| 62 | 1997 | 9 | 12 | 126 | EXPLODED | Suspect fire-fighting, water hose on pressurized Yankee |
| 63 | 1997 | 10 | 11.8 | 96.5 | shell, axial, edge | Overhung Shell Flange, H/S corrosion jacking |
| 64 | 1998 | 45 | 12 | 186 | head, circ, flange | 66 inch long crack thru the head, crack grew to 88 inches, now 100 - metal stitched |
| 65 | 1998 | 24 | 15 | 156 | head, circ, flange | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 66 | 1998 | 24 | 12 | 179 | head, circ, flange | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking, cracked along bolt circle |
| 67 | 1999 | 9 | 12.8 | 142 | EXPLODED | Shell crack that was not removed, operations continued until explosion |
| 68 | 2001 | 67 | 12 | 134 | shell, axial, flange | Shell edge crack that was repaired by Metalock. |
| 69 | 2001 | | 14 | 200 | shell impact | Press roll failure, impacted & racked the shell |
| 70 | 2002 | | 8 | 108 | drive side journal | Drive Side journal cracked at keyway due to sudden stop |
| 71 | 2003 | | 12 | 161 | shell, axial | Crack was completely ground out, area built up by metallizing |
| 72 | 2003 | 22 | 10.5 | 104 | head, circ, flange | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 73 | 2003 | 23 | 15 | 154 | head, circ, flange | Unknown |
| 74 | 2004 | 36 | 12 | 110 | shell, axial | Unknown |
| 75 | 2005 | 9 | 12 | 165 | shell center, circum & axial | Hammer was dropped into wire section and ran thru press roll/ yankee nip |
| 76 | 2005 | 23 | 15 | 156 | shell - multi-axial & multi-circum on ID | Pressure Roll Cover disbonded - near the front side |
| 77 | 2005 | 40 | 15 | 146 | EXPLODED | MG Cylinder - smooth bore - warm-up issues (stationary) - overhung shell flange |
| 78 | 2005 | 70 | 12.5 | 138 | *Centershaft* | |
| 79 | 2006 | 6 | 12 | 155 | Shell | Reported cracks in shell |
| 80 | 2006 | 7 | 12 | 155 | Head cracking | 43" lg x 1.2" dp circumferential crack in membrane portion of DI head, |

**Tab. 2 - Tabella Cedimenti Cilindri Monolucidi N° 41÷80**

Da un altro documento del YDSRC (vedere allegato Allegati\YDSRCP-2008-08 YD Failures Update 2006.pdf) che analizza dati raccolti fra il 1970 ed il 2006, si deducono i seguenti dati significativi:

| | |
|---|---|
| **messe in servizio** | **1173** |
| **guasti** | **63** |
| **rapporto messe in servizio / guasti nel mondo** | **19** |
| **esplosioni nel mondo** | **13** |
| **esplosioni in Europa** | **9** |

(⇨ Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3).

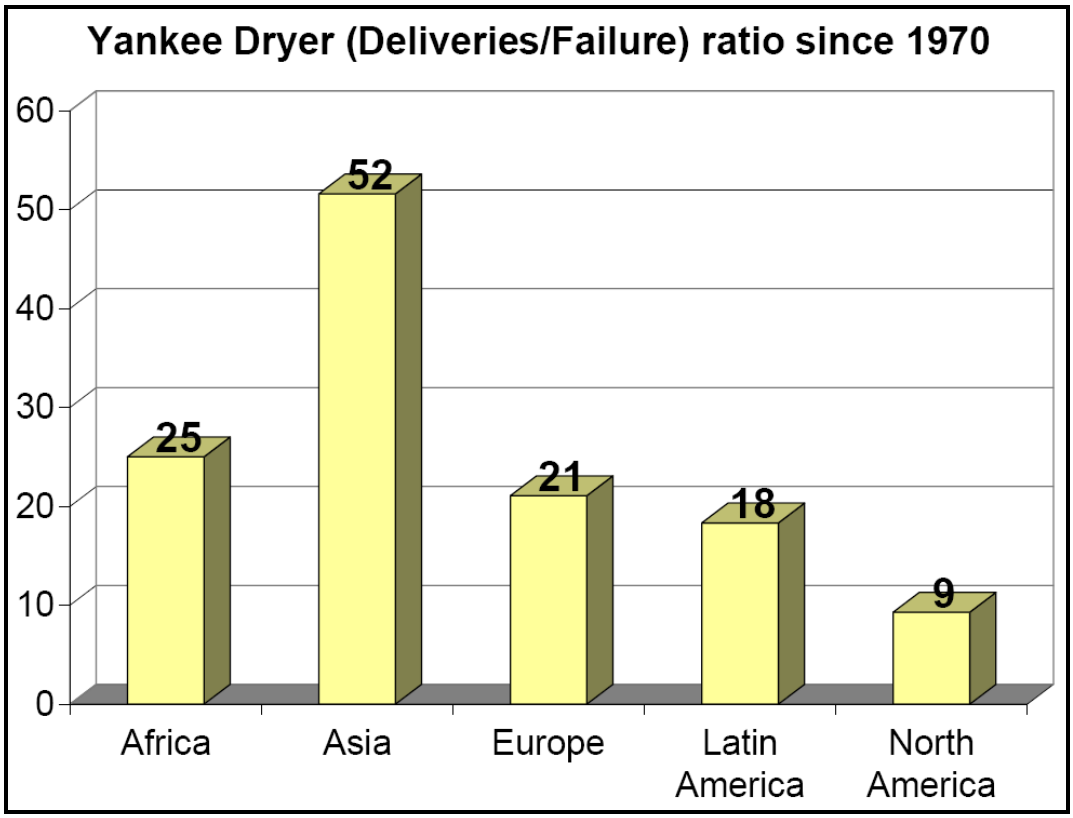



**Fig. 1 - Rapporto Messe in Servizio / Guasti**

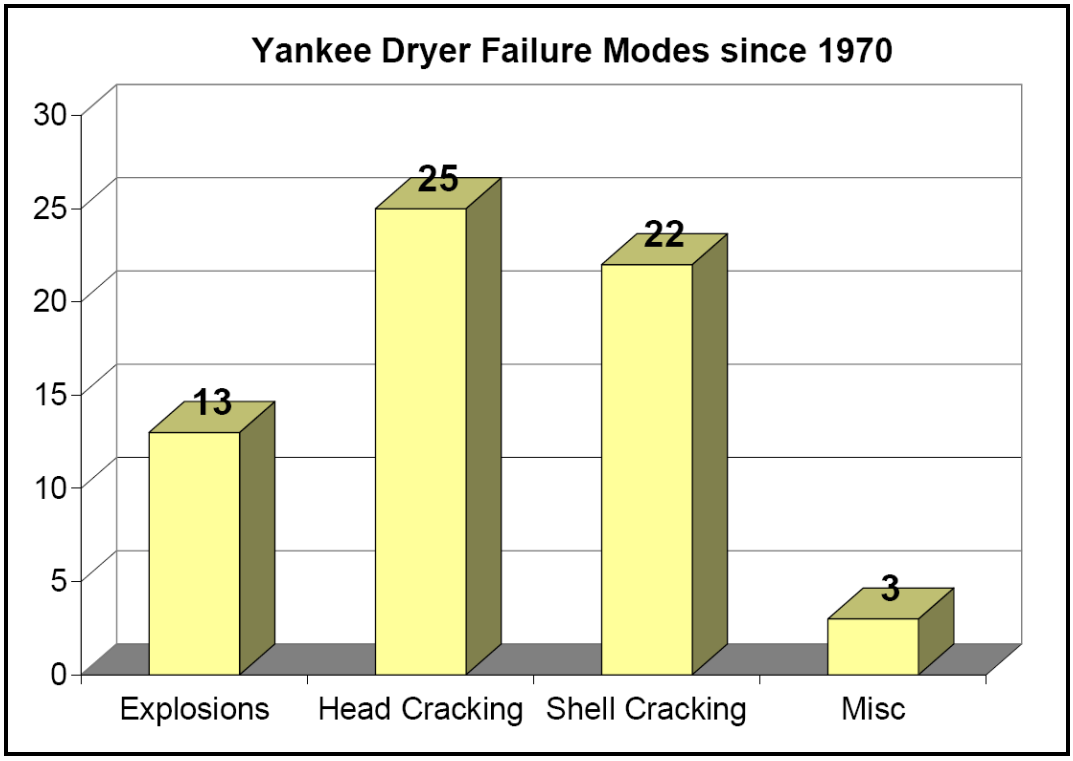



**Fig. 2 - Modi di Cedimento**

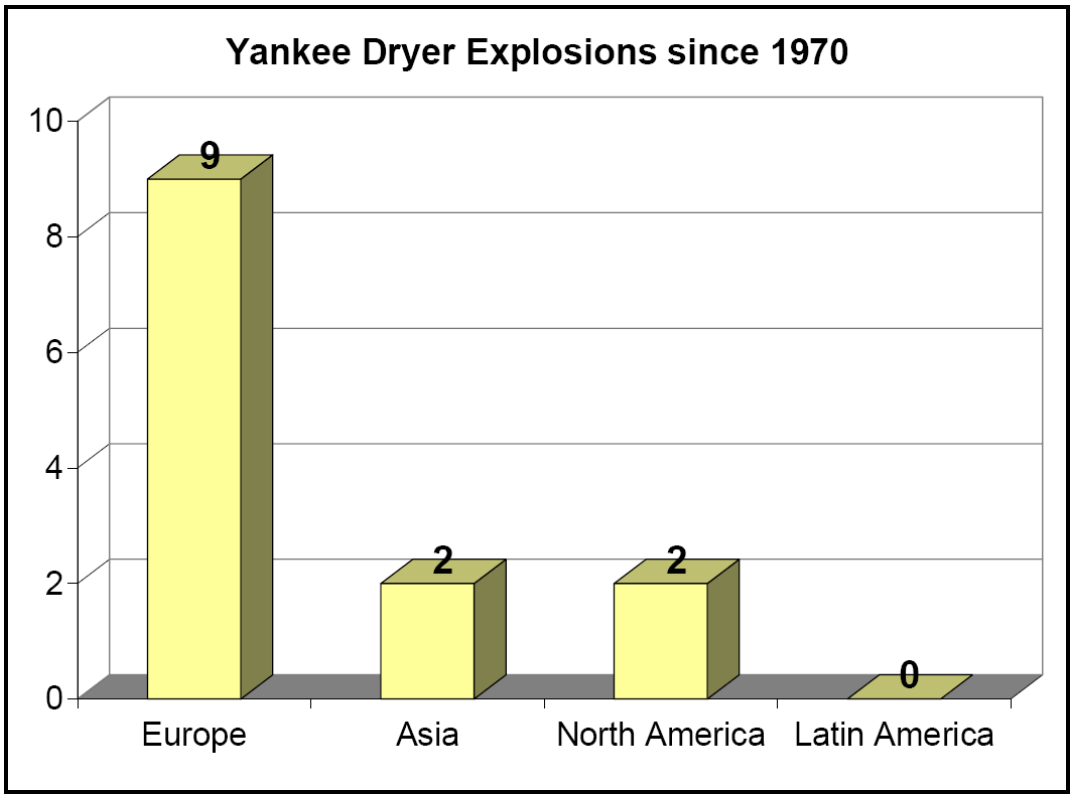



**Fig. 3 - Esplosioni 1970-2006**

## 1.2 ANALISI CAUSE CEDIMENTI

Nelle tabelle che seguono si sono evidenziate le cause dei cedimenti.

| No. | Factor |
|---|---|
| 1 | Tapped Shell Design |
| 2 | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 3 | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 4 | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 5 | Cracked Shell |
| 6 | Cracked Journal |
| 7 | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 8 | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 9 | Tapped Shell Design, Crack on shell ID |
| 10 | Recessed flange design, Long shell crack |
| 11 | Inadequate felt roll maintenance, roll journal cracked & impacted shell |
| 12 | Tapped Shell Design, Long crack @ tapped hole |
| 13 | Recessed flange design, Circ shell crack, head blew off |
| 14 | Unknown, externally induced stress produced an axial shell crack at H/S joint OD |
| 15 | Shell edge exten, drilled holes, metal stitched (crack at startup), removed after 3 yr |
| 16 | Shell edge exten, drilled holes, edge spray, head design |
| 17 | Shell shrinkage porosity, thickness reduction |
| 18 | Faulty repair procedures, residual stresses |
| 19 | Large section of shell blew out |
| 20 | Superheated steam, steam erosion damage, bolting stresses |
| 21 | Improper hood operation (cracked through the head, at constant head thickness) |
| 22 | |
| 23 | Head/Shell Joint, design, drilled holes |
| 24 | Steam leaks, bolted joint design, overhung shell flange |
| 25 | Stationary warmup |
| 26 | Cracked through a line of plugs |
| 27 | Tapped shell design, superheat, casting quality (?) |
| 28 | Head cracked at bolt circle, H/S corrosion, low bolt torque |
| 29 | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion, filled with condensate while stationary |
| 30 | PCV failed open, inadequate SRV capacity |
| 31 | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion |
| 32 | Suspected head cracked at spigot fit, H/S corrosion |
| 33 | Severe steam leak erosion at bolt holes, overhung shell flange |
| 34 | Thousands of shell plugs, through-shell steam leaks |
| 35 | Fire fighting, thermal stress, P/R stress |
| 36 | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion, steam leaks, P/R cover failure, edge sprays |
| 37 | Shell flange overhang was machined off, P/R loaded above design, fast warmups |
| 38 | Head cracked at bolt circle, H/S corrosion, P/R cover failed |
| 39 | Head cracked at spigot fit, H/S corrosion, steam leaks |
| 40 | Shell flange overhang, acicular, H/S corrosion |

**Tab. 3 - Cause Esplosioni 1934 ÷ 2010 N° 1÷40**

| No. | Factor |
|---|---|
| 41 | Microstructure change due to failure of infrared heater interlock while stationary |
| 42 | Shell flange overhang, H/S corrosion, metal stitched (1 year of service) |
| 43 | Suspect shell flange/taper design |
| 44 | Steam leaks, excessive repairs & pumping, suspected head crack |
| 45 | Head cracked at bolt circle, H/S corrosion |
| 46 | Head cracked at bolt circle, H/S joint corrosion jacking |
| 47 | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 48 | Suspected head cracked at spigot fit, H/S corrosion |
| 49 | Dryer failed due to overpressure during a field hydro-test |
| 50 | Head/Shell steam leaks, corrosion jacking |
| 51 | Shell failed during startup, no sheet & cold water, overhung shell flange w/ tapped hole |
| 52 | Excessive Head Tilt |
| 53 | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 54 | Shell flange crack |
| 55 | Fire fighting, lost 50 days of production due to head machining in-place |
| 56 | Overhung shell Flange, shell & head cracks, shell cooled (water hose) when sheet lost |
| 57 | Head/Shell steam leaks, corrosion jacking |
| 58 | |
| 59 | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 60 | Numerous bearing failures, may be due to insulation sleeve faulty, lube practices |
| 61 | Capscrew, cracked shell at capscrew hole, axial crack 8 inches long at surface |
| 62 | Suspect fire-fighting, water hose on pressurized Yankee |
| 63 | Overhung Shell Flange, H/S corrosion jacking |
| 64 | 66 inch long crack thru the head, crack grew to 88 inches, now 100 - metal stitched |
| 65 | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 66 | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking, cracked along bolt circle |
| 67 | Shell crack that was not removed, operations continued until explosion |
| 68 | Shell edge crack that was repaired by Metalock. |
| 69 | Press roll failure, impacted & racked the shell |
| 70 | Drive Side journal cracked at keyway due to sudden stop |
| 71 | Crack was completely ground out, area built up by metallizing |
| 72 | Head/Shell joint corrosion, corrosion jacking |
| 73 | Unknown |
| 74 | Unknown |
| 75 | Hammer was dropped into wire section and ran thru press roll/ yankee nip |
| 76 | Pressure Roll Cover disbonded - near the front side |
| 77 | MG Cylinder - smooth bore - warm-up issues (stationary) - overhung shell flange |
| 78 | |
| 79 | Reported cracks in shell |
| 80 | 43" lg x 1.2" dp circumferential crack in membrane portion of DI head, |

**Tab. 4 - Cause Esplosioni 1934 ÷ 2010 N° 41÷80**

Esaminando le cause (documentate o probabili), queste si possono suddividere nei seguenti raggruppamenti:

| | |
|---|---|
| **criccature e fratture** in corrispondenza di:<br>• mantello (shell);<br>• testate (head) : sul diametro bulloni;<br>• testate in corrispondenza dell'accoppiamento col mantello;<br>• spine di riparazione mantello. | **31** |
| connesse alla **corrosione**:<br>• nei giunti fra mantello e testate e/o perdite di vapore;<br>• in corrispondenza dei collegamenti bullonati. | **28** |
| cause connesse al **progetto** del cilindro monolucido:<br>• flange mantello sporgenti dalle testate (shell flange overhang);<br>• bordi mantello rastremati (tapered shell design);<br>• collegamento mantello/testate;<br>• fori filettati delle flange del mantello;<br>• disegno delle testate;<br>• ecc. | **24** |
| cause connesse alla **manutenzione** come:<br>• rottura supporti rulli del feltro;<br>• esecuzione di fori;<br>• inadeguato serraggio dei bulloni di collegamento mantello/testate;<br>• elevato numero di spinature;<br>• eccessive riparazioni non adeguate;<br>• eccessiva inclinazione del bordo delle testate. | **11** |
| cause esterne:<br>• problemi connessi ai cilindri presse;<br>• problemi connessi alla cappa;<br>• oggetti fra presse e monolucido;<br>• accumulo di feltro fra presse e monolucido;<br>• rottura supporti;<br>• ecc. | **11** |
| cause connesse agli **incendi locali** | **3** |
| cause connesse alle **procedure di riscaldamento**:<br>• eccessiva rapidità;<br>• riscaldamento col cilindro fermo | **3** |
| cause connesse alle **valvole di controllo del vapore**:<br>• portata della valvola di sicurezza non adeguata. | **1** |
| TOTALE | **112** |

## 1.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Il monolucido è soggetto a sollecitazioni statiche e dinamiche. Queste sono dovute a:

- pressione interna del vapore;
- alto gradiente di temperature attraverso lo spessore del mantello;
- elevate forze centrifughe;
- pressione di contatto coi cilindri delle presse.

**Fig. 4 - Cilindro Monolucido**

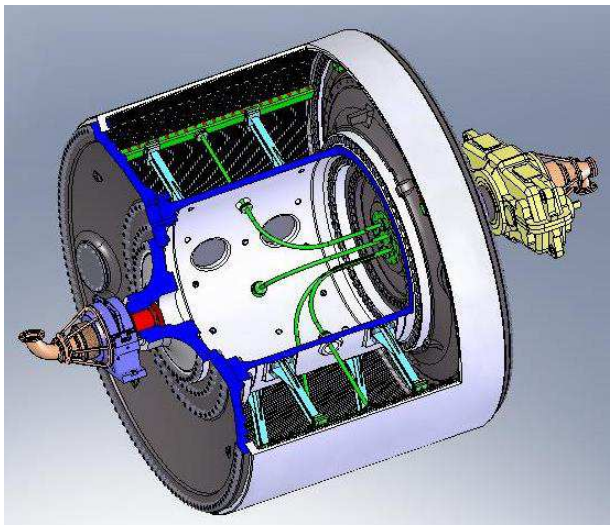


**Fig. 5 - Cilindro Monolucido : spaccato**

Di seguito si anticipano i dettagli costruttivi che possono aver influenza coi cedimenti dei monolucidi. Essi saranno descritti in modo approfondito nei prossimi capitoli.

### 1.3.1 MATERIALI

Il cilindro monolucido è tradizionalmente costruito in ghisa speciale. Recentemente sono stati introdotti sul mercato da alcuni costruttori (TOSCOTEC, ANDRTIZ, ecc.) monolucidi in acciaio.

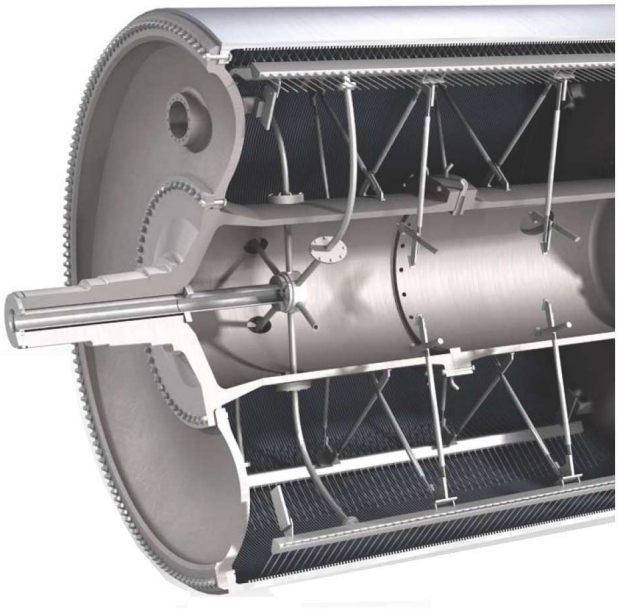


**Fig. 6 - Cilindro Monolucido in Ghisa (METSO)**

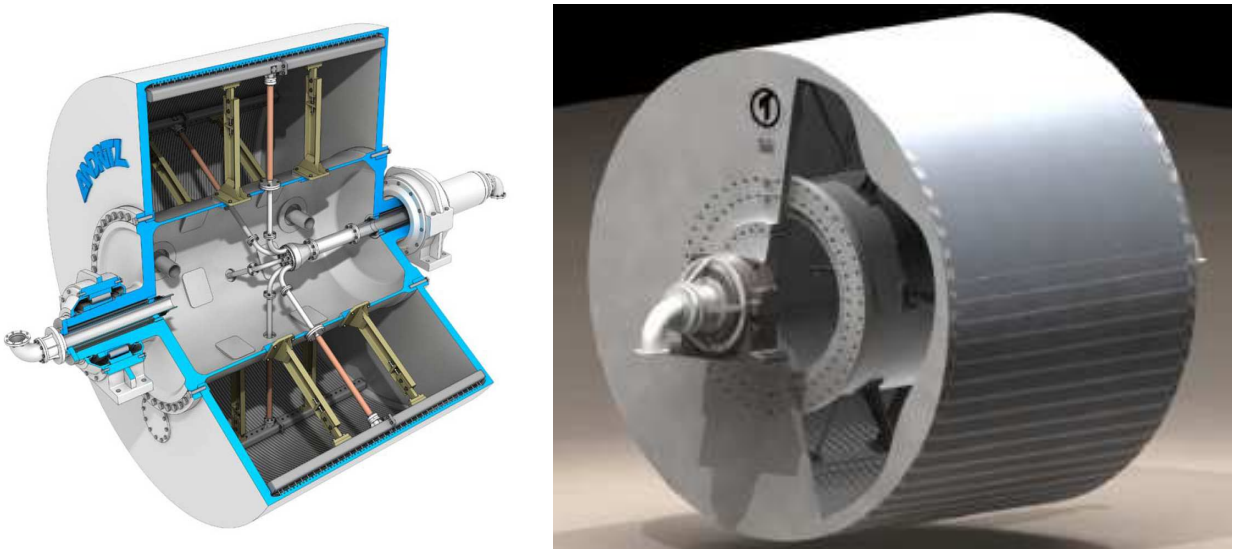


**Fig. 7 - Cilindro Monolucido in Acciaio (ANDRITZ, TOSCOTEC)**

## Vantaggi della costruzione in acciaio

- Ridotto rischio di esplosione grazie alle caratteristiche meccaniche dell'acciaio
- Ridotta propagazione di eventuali fratture
- Possibilità di progettare con coefficienti di sicurezza inferiore
- Assenza di problemi connessi alla fusione
- Facilità di riparazione

## Svantaggi della costruzione in acciaio

- Necessità di rivestimento delle superficie.
- Giunzioni saldate sul mantello.
- Possibilità di corrosione interna.
- Maggiore sensibilità al fenomeno della fatica rispetto alle costruzioni in ghisa.
- Scarsa disponibilità di dati connessi all'uso prolungato negli anni a causa della recente introduzione sul mercato.

### 1.3.2 MANTELLO CON BORDO FLANGIA SPORGENTE

(SHELL FLANGE OVERHANG)

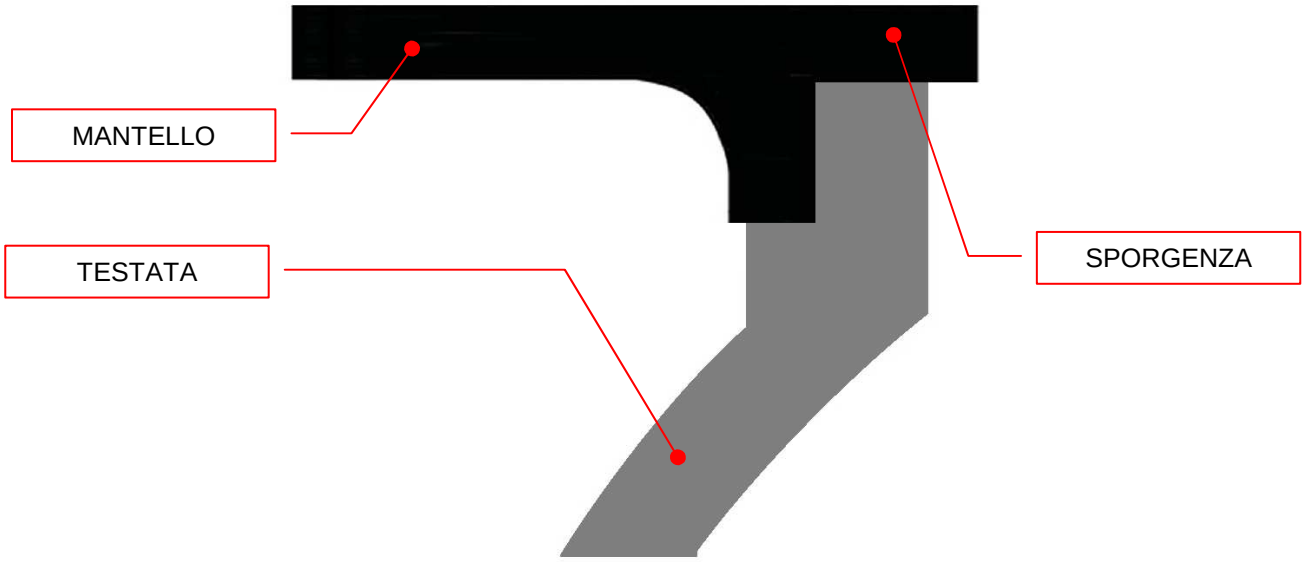



**Fig. 8**

Disegno tipico dei monolucido più datati, antecedenti al 1970. Il bordo sporgente tende a disperdere calore per cui, in questa zona, in determinate condizioni si può generare un gradiente termico particolarmente elevato. Inoltre si possono presentare fenomeni di corrosione nello spazio ristretto fra il bordo sporgente del mantello e la testata (*TAPPI Guidelines for the Safe Operation of Yankee Dryers - 0101R244 - 1995*). Per questi motivi i monolucidi di questo tipo ancora in servizio richiedono particolari attenzioni.

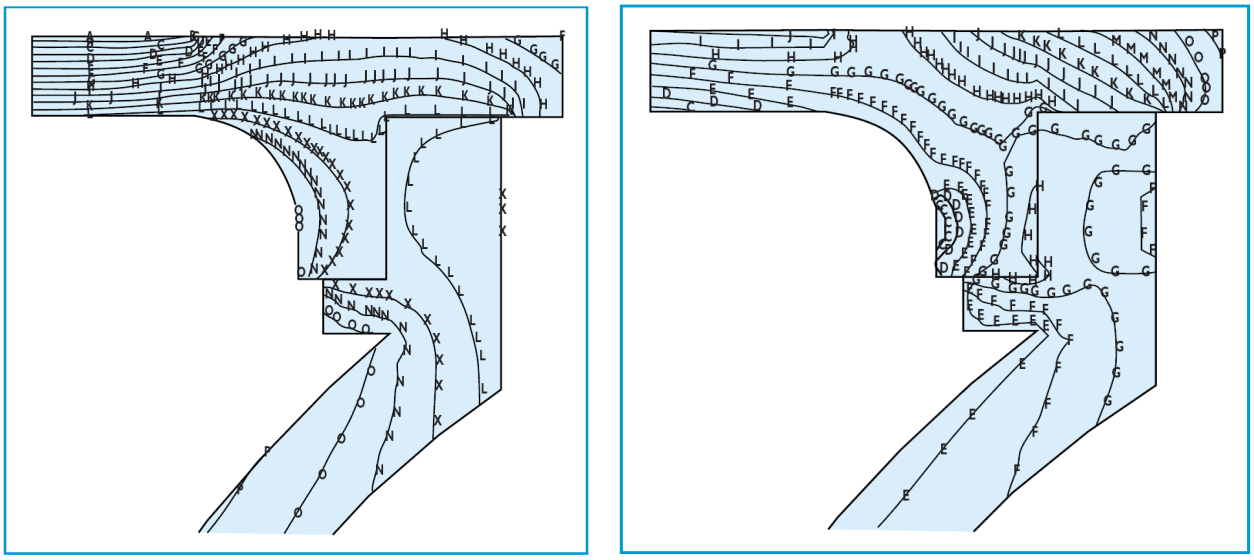


**Fig. 9 - Gradiente di temperatura (sx) e sollecitazioni (dx)**

### 1.3.3 MANTELLO CON I BORDI RASTREMATI

(TAPERD SHELL)

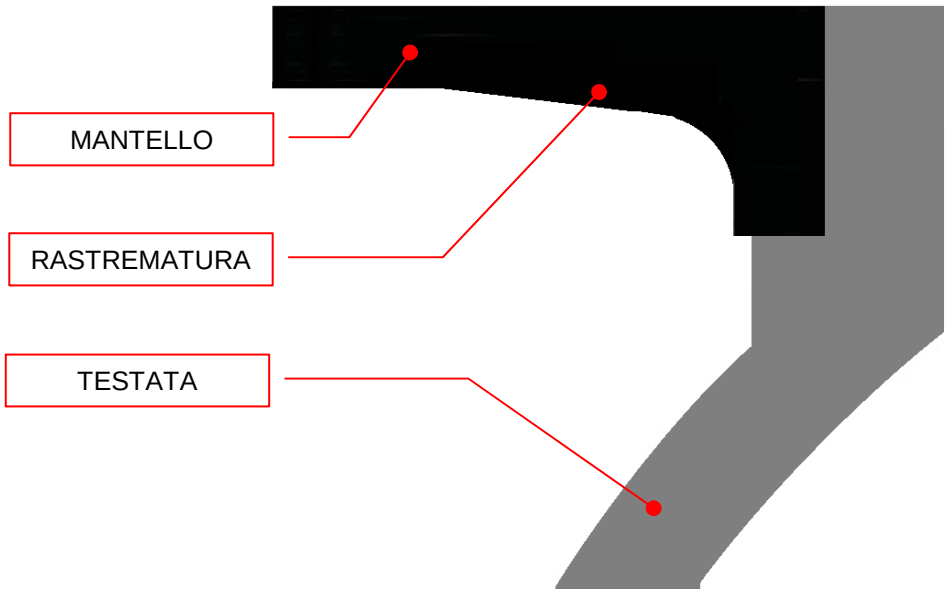



**Fig. 10**

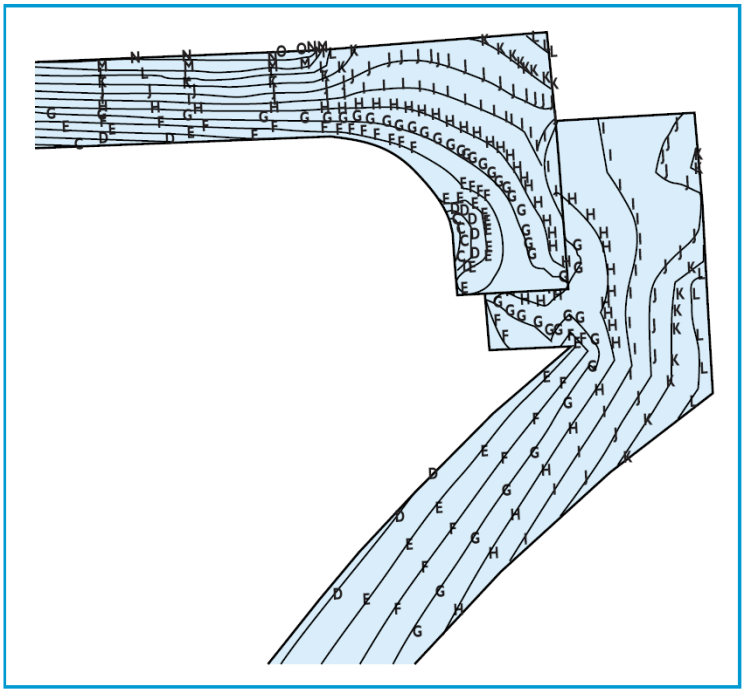


**Fig. 11 - Gradiente delle sollecitazioni (dx)**

### 1.3.4 COLLEGAMENTO MANTELLO/TESTATE CON ORGANI FILETTATI

Tipico dei monolucidi in ghisa.

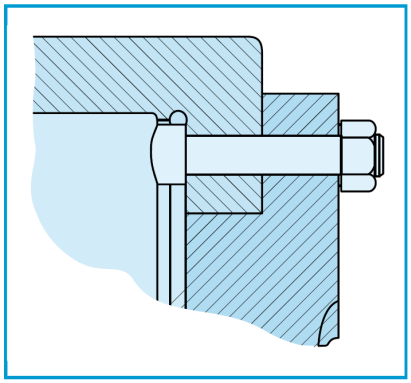


**Fig. 12 - Collegamento con bulloni**

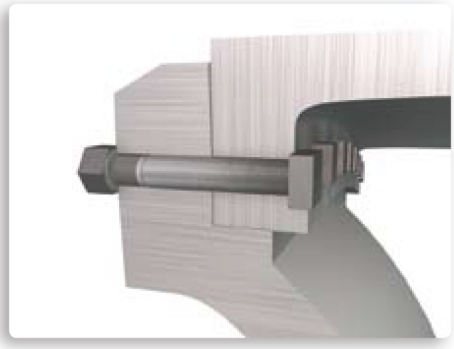


**Fig. 13 - Monolucido METSO**

Nelle figure 12 e 13 sono rappresentati organi di collegamento costituiti da bulloni (viti + dadi). Altre tipologie di costruzione prevedono viti mordenti (Fig. 14) che per motivi costruttivi comportano maggiori sollecitazioni anche sulle testate del monolucido.

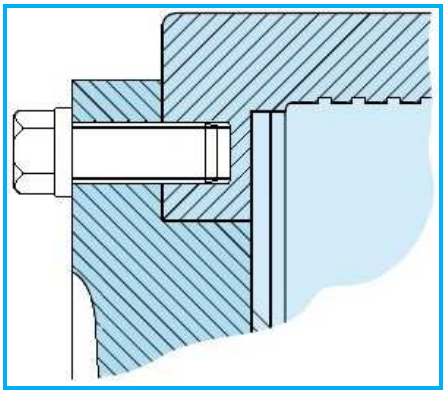


**Fig. 14 - Collegamento con bulloni**

## 1.3.5 COLLEGAMENTO MANTELLO/TESTATE TRAMITE SALDATURA

Tipico dei monolucidi in acciaio.

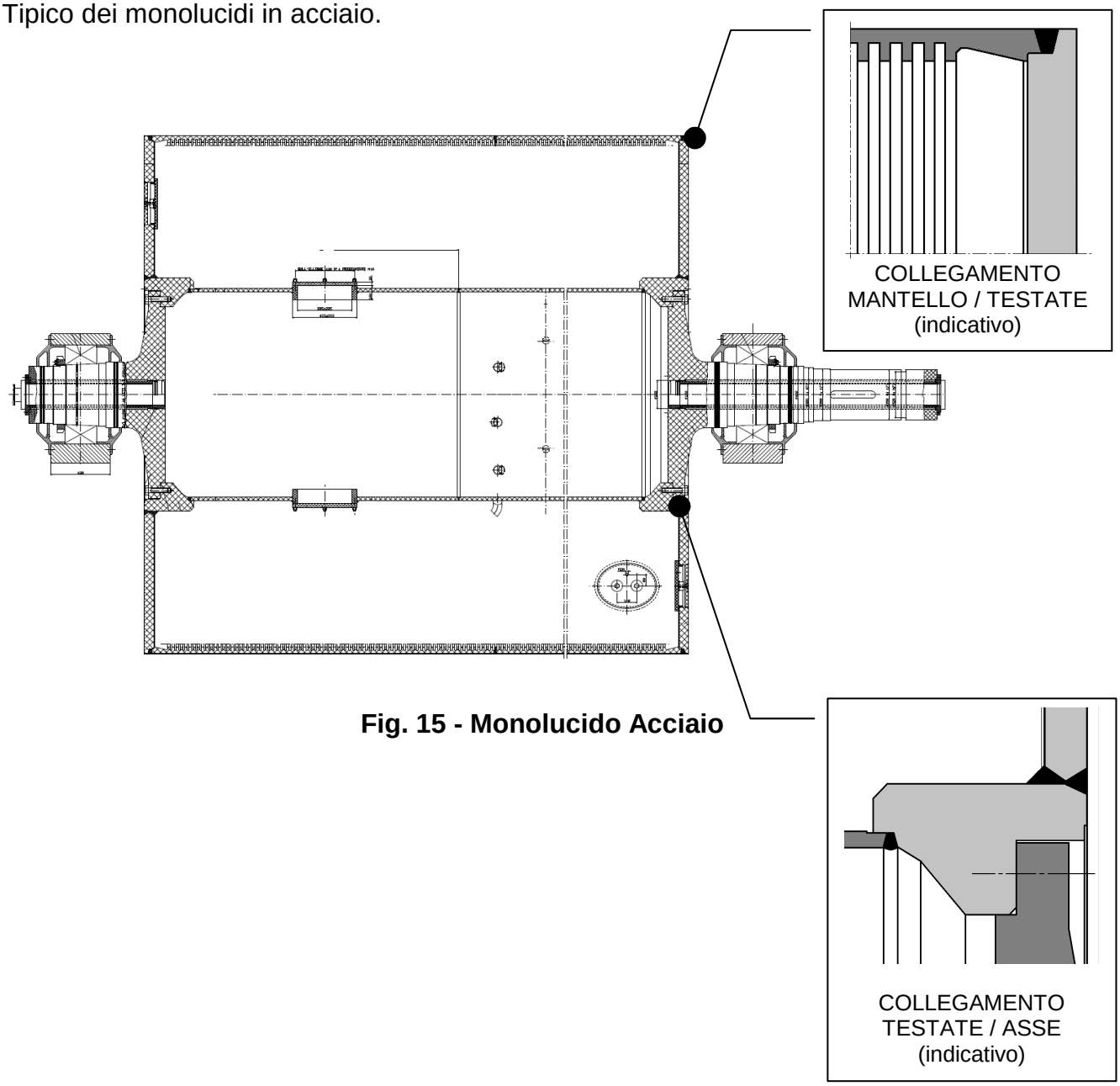



**Fig. 15 - Monolucido Acciaio**

### 1.3.6 SISTEMI DI COIBENTAZIONE DELLE TESTATE E ALTRE SOLUZIONI PER IL RISPARMIO ENERGETICO

In questi ultimi tempi i problemi legati al risparmio energetico hanno indotto gli utilizzatori a richiedere ai costruttori la messa in opera, sui monolucidi esistenti, di dispositivi finalizzati al contenimento del consumo di energia.

Tali sistemi comportano sempre delle variazioni dei gradienti termici nel cilindro monolucido che devono essere debitamente valutate dal fabbricante.

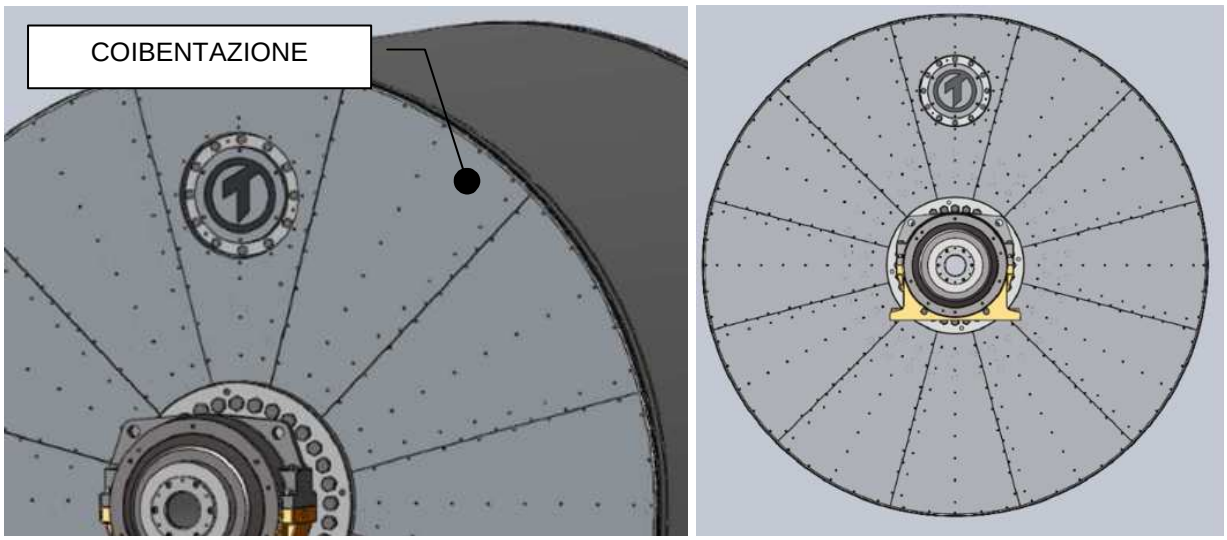



**Fig. 16 - Coibentazione Testate Monolucido TOSCOTEC**

## 1.4 TIPICI DANNEGGIAMENTI

Di seguito si anticipano alcuni tipici danneggiamenti che potrebbero portare a conseguenze catastrofiche. Essi saranno analizzati in modo approfondito nei prossimi capitoli per definire i controlli periodici.

Fessura (crevice) fra flange mantello e testate in cui si può formare corrosione (Fig. 17).

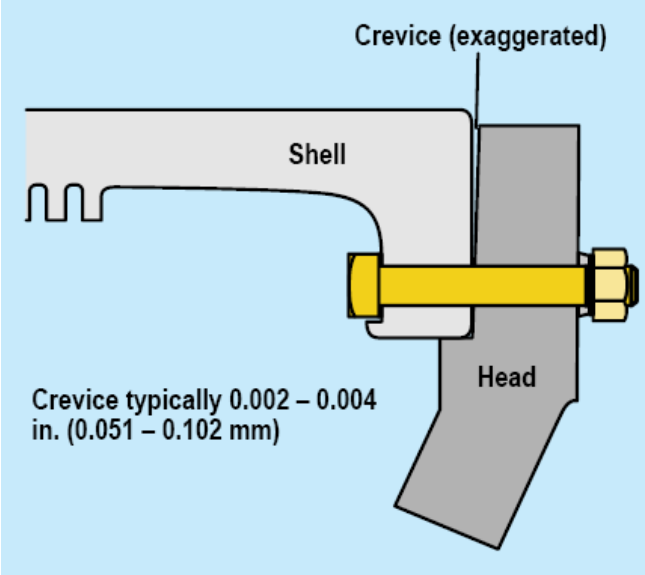



**Fig. 17**

Presenza di gioco nell'accoppiamento fra flange mantello e testate (spigot) (Fig. 18). In cui si possono formare fratture (Fig. 19).

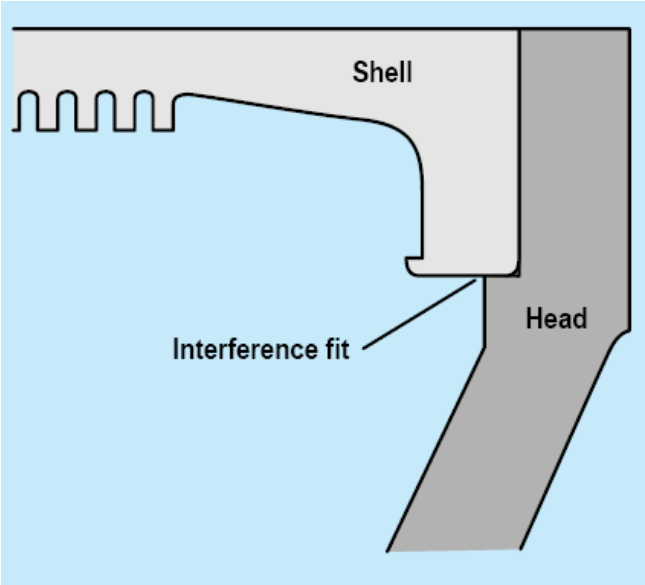



**Fig. 18**

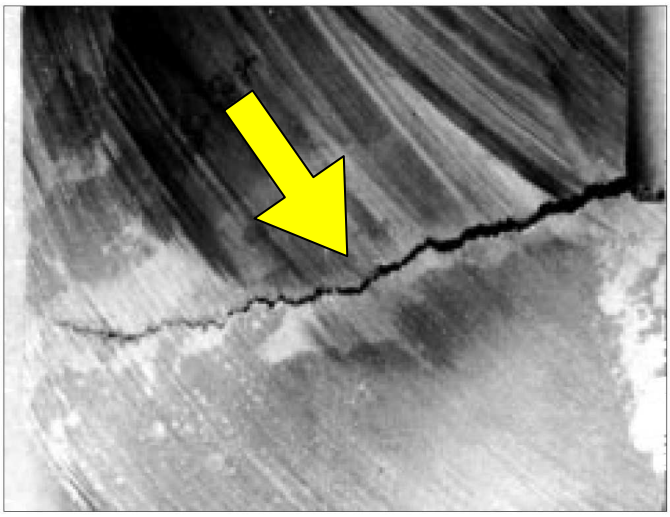


**Fig. 19 - Frattura sulla superficie dell’accoppiamento flange mantello - testate**

Frattura in corrispondenza della sporgenza della flangia (Fig. 20).

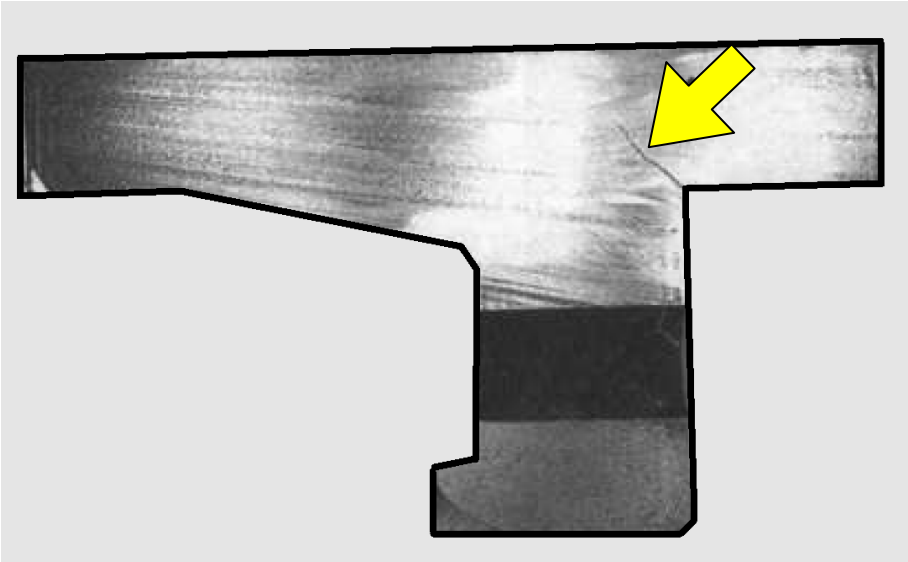


**Fig. 20**

Corrosione in corrispondenza delle flange delle testate (Fig. 21).

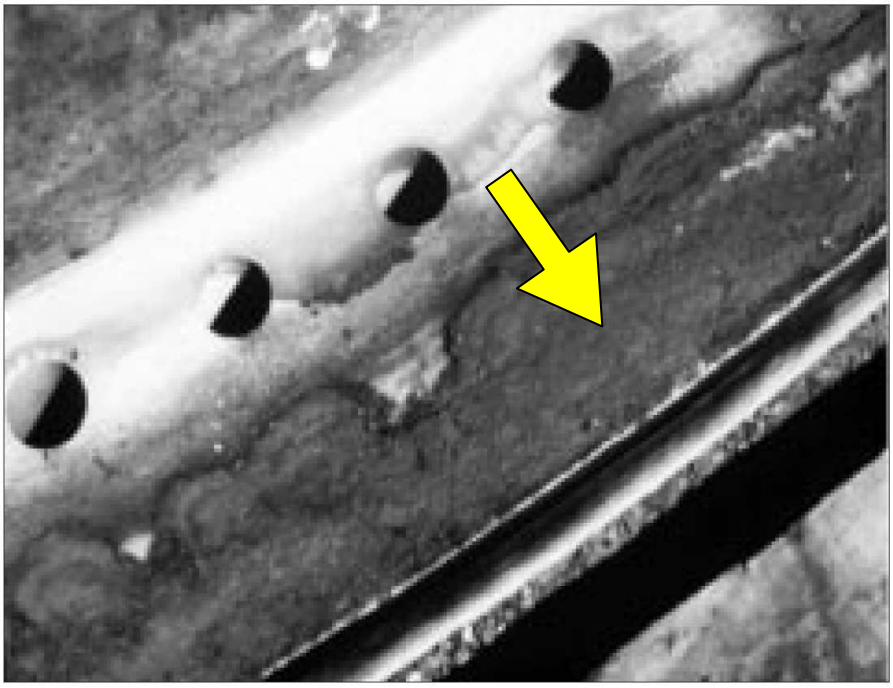


**Fig. 21**

# 2 MESSA IN SERVIZIO : DM 329/2004

La messa in servizio e l'utilizzazione di attrezzature a pressione è regolamentata dal

**Decreto 1 dicembre 2004 n°329**

**Ministero delle Attività Produttive**

**Regolamento recante norme per la messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature a pressione e degli insiemi di cui all'articolo 19 del decreto legislativo 25 febbraio 2000, n. 93.**

cui si rimanda per i dettagli.

## 2.1 MESSA IN SERVIZIO

Nelle pagine che seguono si riportano commenti utili ad inquadrare le attività necessarie per soddisfare quanto richiesto dal DM 329/2004 in occasione della messa in servizio di un CILINDRO MONOLUCIDO e delle ATTREZZATURE ad esso asservite, come indicato negli:

***Art.4 - Verifica obbligatoria di primo impianto ovvero della messa in servizio***

*1. Le attrezzature o insiemi a pressione di cui all'articolo 1, solo se risultano installati ed assemblati dall'UTILIZZATORE sull'impianto, sono soggetti a verifica per la messa in servizio.*

*2. La verifica, effettuata su richiesta dell'azienda utilizzatrice, riguarda l'accertamento della loro corretta installazione sull'impianto.*

*3. Al termine della verifica il soggetto verificatore (ex-ISPESL) consegna all'azienda un'attestazione dei risultati degli accertamenti effettuati. In caso di esito negativo della verifica, il documento indica espressamente il divieto di messa in servizio dell'attrezzatura a pressione esaminata.*

*4. Ai soli fini della verifica di primo impianto è consentita la temporanea messa in funzione dell'attrezzatura o insieme.*

***Art.5 - Esclusioni dal controllo della messa in servizio***

*1. Non sono soggetti alla verifica della messa in servizio le seguenti categorie di attrezzature ed insiemi:*

*a) tutte le attrezzature ed insiemi già esclusi dall'articolo 2;*

*b) gli estintori portatili e le bombole portatili per apparecchi respiratori;*

*c) i recipienti semplici di cui al decreto legislativo n. 311/1991 aventi pressione minore o uguale a 12 bar e prodotto pressione per volume minore di 8000 bar x l;*

*d) gli INSIEMI per i quali da parte del competente organismo notificato o di un ispettorato degli utilizzatori risultano effettuate per quanto di propria competenza le verifiche di accessori di sicurezza o dei dispositivi di controllo. L'efficienza dei citati accessori o dispositivi devono risultare dalle documentazioni trasmesse all'atto della presentazione della dichiarazione di messa in servizio.*

***Art.6 - Obblighi da osservare per la messa in servizio e l'utilizzazione, dichiarazione di messa in servizio***

*1. All'atto della messa in servizio l'UTILIZZATORE delle attrezzature e degli insiemi soggetti a controllo o a verifica invia alla ISPESL e all'Unità Sanitaria Locale (USL) o all'Azienda Sanitaria Locale (ASL) competente, una DICHIARAZIONE DI MESSA IN SERVIZIO, contenente:*

*a) l'elenco delle singole attrezzature, con i rispettivi valori di pressione, temperatura, capacità e fluido di esercizio;*

***b) una relazione tecnica, con lo schema dell'impianto, recante le condizioni d'installazione e di esercizio, le misure di sicurezza, protezione e controllo adottate**;*

*c) una espressa dichiarazione, redatta ai sensi dell'articolo 2 del decreto del Presidente della Repubblica del 20 ottobre 1998, n. 403 (sostituito dal DPR del 28 dicembre 2000, n° 445), attestante che l'installazione è stata eseguita in conformità a quanto indicato nel manuale d'uso;*

*d) il verbale della verifica (di primo impianto) di cui all'articolo 4, ove prescritta;*

*e) un elenco dei componenti operanti in regime di scorrimento viscoso, o sottoposti a fatica oligociclica.*

*…… omissis*

L'installazione di un cilindro monolucido comporta sempre il suo inserimento in un ASSEMBLAGGIO comprendente altre attrezzature a pressione nuove o esistenti con le quali il monolucido sarà interfacciato.

Tale assemblaggio è principalmente costituito da:

- valvola di intercettazione del vapore proveniente dal generatore;
- tubazioni del vapore;
- attrezzature per il controllo dell'alimentazione di vapore (termocompressore);
- valvola di sicurezza;
- giunti rotanti;
- CILINDRO MONOLUCIDO;
- tubazioni della condensa;
- serbatoio della condensa;
- valvola di intercettazione della condensa sul ritorno al generatore.

L'assemblaggio cui si fa riferimento, può essere realizzato da un FABBRICANTE, o dall'UTILIZZATORE dello stesso.

Nel primo caso il FABBRICANTE potrà prevedere la marcatura CE ai sensi della PED come INSIEME, secondo la definizione della PED. In questo caso gli oneri a carico dell'utilizzatore per la messa in servizio saranno semplificati.

Nel secondo caso potranno essere marcate CE PED solo le singole attrezzature, ed i relativi fabbricanti saranno responsabili di tali marcature, ma non lo sarà l' ASSEMBLAGGIO (volutamente non è stato usato il termine INSIEME in quanto previsto dalla PED come entità che rientra nel suo campo di applicazione). In questo caso la

responsabilità dell'interfacciamento delle varie attrezzature sarà a carico dell'UTILIZZATORE.

Quest'ultimo, attraverso la relazione tecnica richiesta dall'Art. 6, comma 1, punto b) dovrà dimostrare:

- la corretta installazione delle singole attrezzature,
- il loro corretto interfacciamento,
- di aver adottato tutte le misure per la sicurezza dell'assemblaggio nel suo complesso.

**Si tratta in pratica di prendere in considerazione e analizzare tutti i rischi connessi all'installazione.**

## 2.2 IL FABBRICANTE DEL CILINDRO MONOLUCIDO

Il monolucido di nuova costruzione è un prodotto cui si applica la Direttiva 97/23/CE (PED) relativa alle attrezzature a pressione, recepita in Italia dal Decreto Legislativo n° 93 del 25/02/2000.

Il fabbricante del monolucido è tenuto all'applicazione della PED nella progettazione e nella costruzione del cilindro, ma non è coinvolto nella sua messa in servizio.

Il fabbricante è tenuto a fornire assieme al monolucido:

- la dichiarazione CE di conformità alla direttiva 97/23/CE;
- il manuale istruzioni contenente tutte le informazioni per la corretta gestione dell'attrezzatura da parte dell'utilizzatore:
- targa di identificazione.

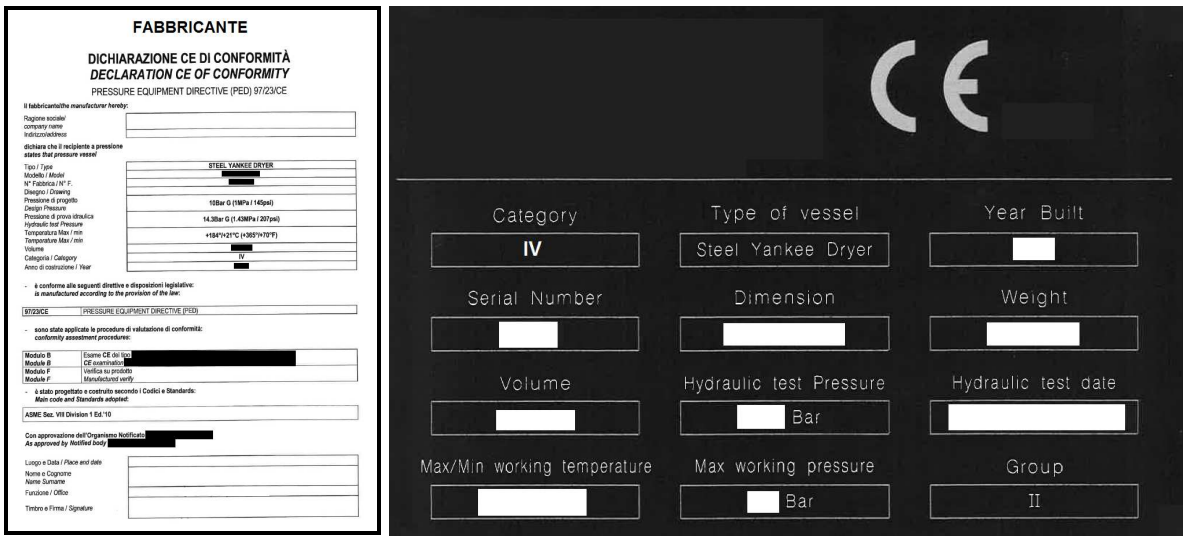



**Fig. 22 - Dichiarazione CE e Targa CE**

## 2.2.1 IL MANUALE ISTRUZIONI

Un manuale adeguato dovrà contenere almeno le seguenti informazioni.

- **Dati tecnici completi**
- **Istruzioni per la corretta installazione meccanica,** ai fini del montaggio del monolucido sulla struttura della macchina continua.
- **Indicazioni del carico massimo delle presse**

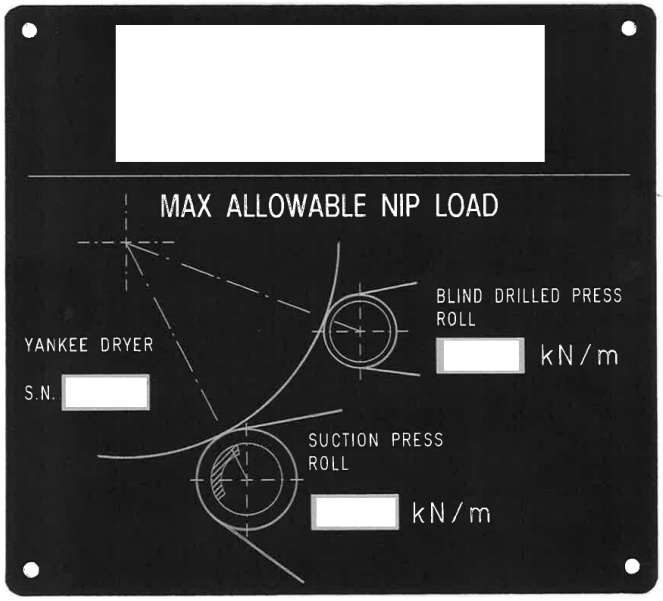



**Fig. 23 - Dichiarazione CE e Targa CE**

- **Istruzioni per la preparazione del cilindro al primo avviamento**
- **Procedura di riscaldamento e pressurizzazione**
- **Procedura di raffreddamento**
- **Istruzioni per l'esercizio**
- **Parametri acqua per la produzione del vapore**, qualora il materiale impiegato per costruzione del monolucido sia sensibile alla corrosione
- **Manutenzione**

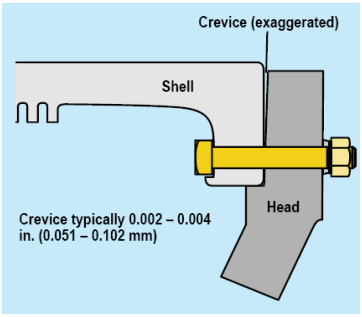
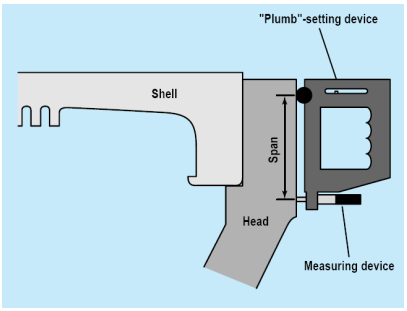
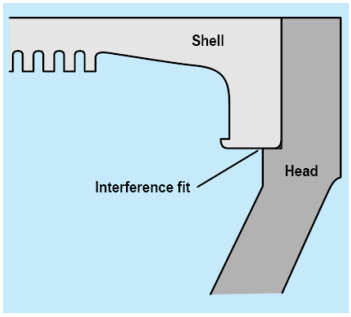
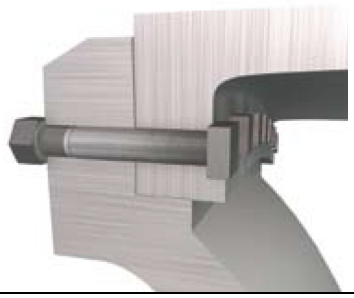
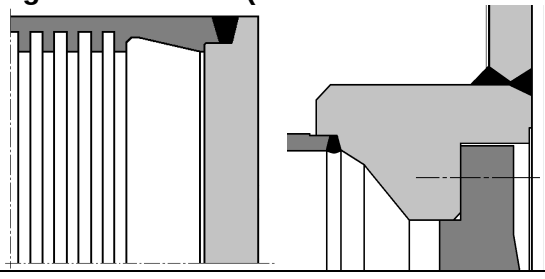
- Lubrificazione
- Controllo supporti
- Dispositivi recupero condensa
- Rettifiche

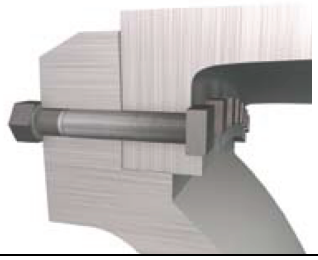
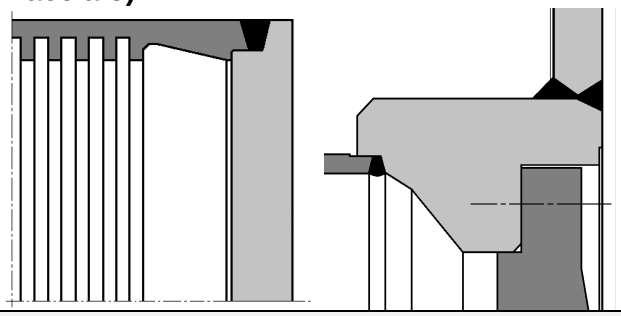
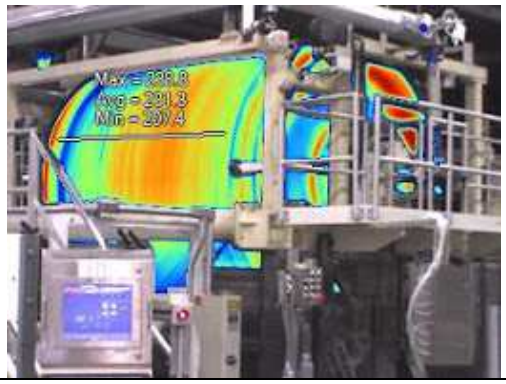
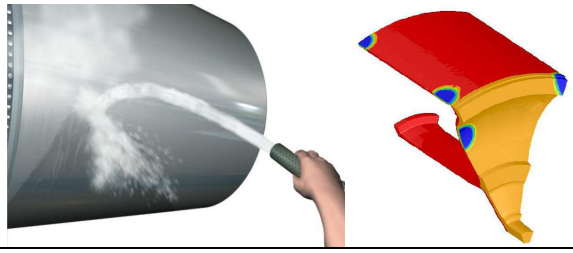
## 2.3 ELEMENTI DELLA ANALISI DEI RISCHI

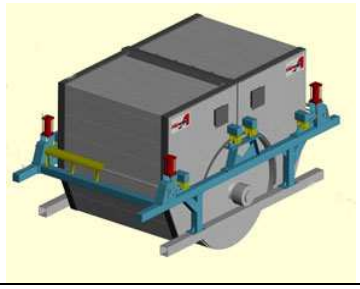
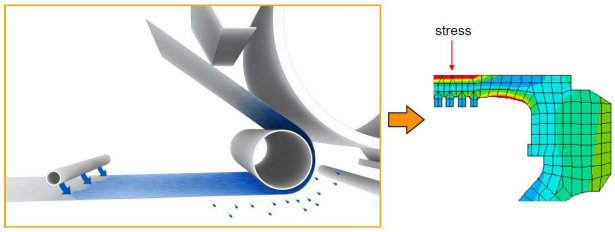
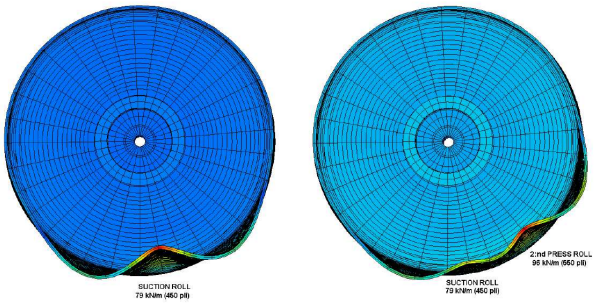
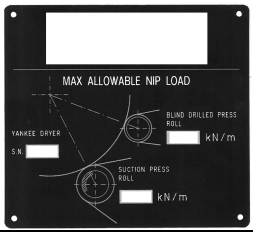
In questo paragrafo si elencano gli argomenti connessi all'installazione di un cilindro monolucido che dovranno essere presi in considerazione dall'UTILIZZATORE per redigere la Relazione Tecnica ai fini della Dichiarazione di Messa in Servizio (⇨ 2.1) e sono indicati gli strumenti tramite i quali si potrà fare una ANALISI DEI RISCHI corretta.

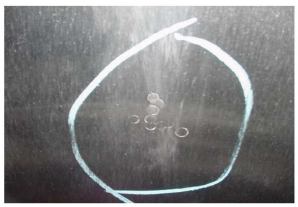
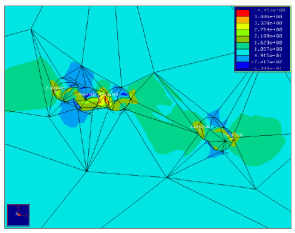
Gli argomenti saranno sviluppati in dettaglio nei prossimi capitoli.

| **IDENTIFICAZIONE ATTREZZATURE A PRESSIONE** | |
|---|---|
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Mancata Definizione Limiti Assemblaggio** | Realizzazione dello **schema funzionale** completo dell'assemblaggio che comprende il cilindro monolucido per evidenziare le attrezzature critiche. |
| **Mancata Definizione Disposizione Assemblaggio** | Disegno del **layout** per la definizione della collocazione delle attrezzature nelle varie zone dello stabilimento. |
| **Mancata Identificazione Attrezzature** | **Elenco** con indicazione della tipologia, della classificazione ai sensi della PED. |
| **PRESSIONE AMMISSIBILE** | |
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Mancato controllo della pressione** | **Sistema Controllo Vapore**<br>Descrizione del funzionamento del sistema e dei dispositivi che controllano il processo. |
| **Superamento della pressione ammissibile** | **Valvola di Sicurezza**<br>Identificazione, dichiarazione di conformità PED e verifica della corretta pressione di taratura e della portata.<br> |
| **CORROSIONE E AGGRESSIONI CHIMICHE** | |
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Elementi chimici che, se presenti nell'acqua per la produzione del vapore in quantità superiore ai limiti indicati dal fabbricante, possono provocare corrosioni.** | **Controllo Parametri Acqua**<br>Descrizione dell'impianto di trattamento e indicazione delle procedure di analisi e relativa periodicità per verificare che i parametri rientrino nei limiti consentiti dal fabbricante del monolucido, qualora dichiarati. |

<table>
<tr><th colspan="2">CORROSIONE E AGGRESSIONI CHIMICHE</th></tr>
<tr><th>Origine Pericolo</th><th>Misura di Sicurezza</th></tr>
<tr><td>Corrosione in corrispondenza delle superfici di contatto fra le flange del mantello e delle testate<br> 
</td><td>Verifiche Tecniche Programmate per il controllo delle eventuali fessure e della deformazione delle flange delle testate (inclinazione) (verifica esterna).<br> 
</td></tr>
<tr><td>Corrosione in corrispondenza delle superfici di accoppiamento fra mantello e testate<br> 
</td><td>Verifiche Tecniche Programmate per il controllo della eventuale presenza di “aria” (verifica interna).<br> </td></tr>
<tr><td>Corrosione in corrispondenza dei collegamenti bullonati (monolucidi in ghisa)<br>  </td><td>Verifiche Tecniche Programmate per il controllo della integrità delle viti tramite controlli non distruttivi.</td></tr>
<tr><td>Corrosione in corrispondenza dei collegamenti saldati (monolucidi in acciaio)<br>  </td><td>Verifiche Tecniche Programmate per il controllo della integrità delle saldature tramite controlli non distruttivi.</td></tr>
</table>

| FENOMENI DI FATICA MECCANICA | |
|---|---|
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Fatica nei collegamenti bullonati (monolucidi in ghisa)**<br>  | **Verifiche Tecniche Programmate** per il controllo della integrità delle viti tramite controlli non distruttivi. |
| **Fatica nei collegamenti saldati (monolucidi in acciaio)**<br>  | **Verifiche Tecniche Programmate** per il controllo della integrità delle saldature tramite controlli non distruttivi. |
| **SOLLECITAZIONI TERMICHE ANOMALE** | |
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Stress Termico durante le fasi di riscaldamento e/o raffreddamento**<br>  | Puntuale osservanza delle **procedure** indicate dal fabbricante. |
| **Stress Termico per rapido raffreddamento durante l'estinzione di incendi di carta o polvere di carta in prossimità del monolucido**<br>  | Puntuale osservanza delle **procedure** indicate dal fabbricante o dall'utilizzatore. |

| SOLLECITAZIONI TERMICHE ANOMALE | |
|---|---|
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Riscaldamento Anomalo provocato dall'impianto aerotermico**<br>  | Verifica del funzionamento del **Sistema di Controllo** che gestisce l'afflusso di aria calda e l'apertura delle cappe. |
| **Riscaldamento Anomalo provocato dall'impianto aerotermico in seguito ad una eventuale mancanza della carta sul monolucido.** | Verifica del funzionamento del **sistema di controllo** che gestisce l'afflusso di aria calda e l'apertura delle cappe.<br>Dispositivo di **rilevazione della mancanza della carta sul monolucido**. |
| **Raffreddamento Anomalo provocato dal feltro saturo di acqua.**<br>  | Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi per il condizionamento del feltro (tubi spruzzatori, cassette aspiranti) e della cassa della pressa aspirante. |
| **SOLLECITAZIONI MECCANICHE ANOMALE** | |
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Carichi delle presse nelle zone di contatto col cilindro monolucido.**<br>  | **Dispositivi per il controllo** della pressione di alimentazione (p.e. pressostato), tarati opportunamente, in modo da evitare il superamento della pressione di contatto massima stabilita dal fabbricante.<br>  |
| **Sbilanciamenti e deformazioni dovuti a periodi prolungati di sosta in una posizione angolare.** | Presenza di un gruppo di **comando "domenicale"** e relativa procedura, o sistema di controllo, che consenta di mantenere il cilindro in rotazione anche a macchina ferma.<br> |

| SOLLECITAZIONI MECCANICHE ANOMALE | |
|---|---|
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Sollecitazioni indotte durante la fase di trasporto, movimentazione e montaggio** | Osservanza delle **procedure** indicate dal fabbricante.<br> |
| **MANUTENZIONI** | |
| **Origine Pericolo** | **Misura di Sicurezza** |
| **Riduzione dello spessore del mantello monolucido a causa dell'usura dovuta alle raschie e/o alle operazioni di rettifica**<br> | **Verifica dello spessore** minimo consentito dal fabbricante del monolucido.<br><br>Gli interventi di rettifica, e le successive verifiche dello spessore, dovranno essere eseguiti da soggetti qualificati che saranno tenuti a rilasciare specifica documentazione. |
| **Interventi di spinatura per la riparazione di danneggiamenti superficiali**<br>  <br>  | Osservanza delle **procedure** indicate dal fabbricante. Richiederle se non contenute nel manuale istruzioni. Un esempio di corretta procedura è riportato nella pubblicazione : *GUIDELINES FOR THE SAFE OPERATION OF YANKEE DRYERS - 0101R244 - TAPPI 1995*.<br><br>Gli interventi di spinatura dovranno essere eseguiti da soggetti qualificati che saranno tenuti a rilasciare specifica documentazione. |

# 3 DOCUMENTAZIONE PER L'UTILIZZATORE

In questo capitolo si ritiene opportuno indicare le informazioni necessarie per l'utilizzatore, nonché quelle che spesso non vengono fornite all'azienda cartaria dal fabbricante del cilindro monolucido e dai fornitori degli impianti ad esso asserviti (impianto di alimentazione del vapore e impianto aerotermico).

## 3.1 DOCUMENTAZIONE DEL CILINDRO MONOLUCIDO

I fabbricanti di cilindri monolucidi considerano il cilindro monolucido come un elemento singolare e le istruzioni da loro fornite non sempre tengono conto della specifica incorporazione nella macchina continua e delle interfaccia con gli impianti vapore e aerotermico. Si ritiene quindi opportuno un esame dei contenuti delle attuali istruzioni fornite per evidenziare eventuali lacune da colmare.

### 3.1.1 DICHIARAZIONE DI CONFORMITA'

Deve riportare tutte le informazioni che attestano la conformità dello specifico cilindro alla Direttiva 97/23/CE (PED).

In particolare nella dichiarazione devono essere riportati:
- Identificazione del Fabbricante
- Modello dell'attrezzatura
- N° di Fabbrica
- Pressione di progetto
- Pressione massima di esercizio
- Pressione di collaudo (prova idraulica)
- Temperatura massima di esercizio
- Volume
- Categoria PED (di solito IV, viste le pressioni ed i volumi)
- Anno di costruzione
- Procedure seguite per la certificazione
- N° Certificato rilasciato dall'organismo notificato
- Identificazione dell'Organismo Notificato che ha eseguito la certificazione
- Nome, cognome, posizione, firma del legale rappresentante del fabbricante.

La voce che merita attenzione è quella relativa alla temperatura massima. In alcuni casi i fabbricanti indicano come temperatura massima, quella del vapor saturo alla pressione di esercizio (e/o di progetto) citata nella dichiarazione. Ciò non è del tutto corretto in quanto, in dipendenza delle caratteristiche del fluido (pressione e titolo del vapore) tale limite potrebbe non essere rispettato (⇨ Diagramma di Mollier del Vapore d'Acqua).

## 3.1.2 TARGA

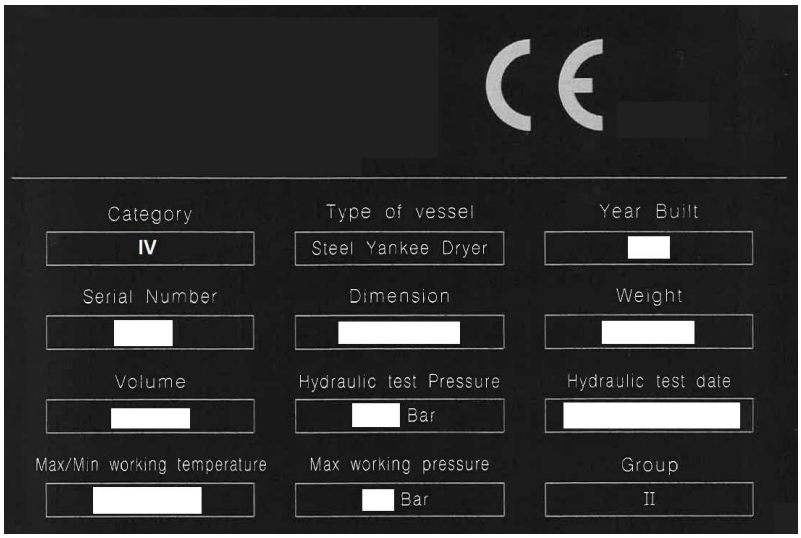



**Fig. 24 - Targa CE**

Fissata stabilmente al cilindro deve riportare alcuni dei dati indicati nella dichiarazione di conformità, in particolare:

- Fabbricante
- Modello dell'attrezzatura
- N° di Fabbrica
- Pressione massima di esercizio
- Pressione di collaudo (prova idraulica)
- Temperatura massima di esercizio
- Volume
- Categoria PED
- Anno di costruzione

Vale quanto osservato al punto precedente relativamente alla temperatura massima.

### 3.1.3 DATI TECNICI

Devono esser riportati i seguenti dati:

- dati di produzione
- dati di progetto e di esercizio
- dimensioni e pesi
- materiali
- componenti principali
- dati ambiente
- caratteristiche acqua per la produzione del vapore (nei casi previsti dal fabbricante)

Nelle tabelle che seguono sono riportati, a titolo di esempio, i dati forniti da un fabbricante per un cilindro monolucido in acciaio.

| **DATI DI PRODUZIONE** | | |
|---|---|---|
| Produzione | : | Tissue |
| Velocità di Progetto | m/min | 1000 |
| **DATI PRINCIPALI** | | |
| Tipo | : | Cilindro monolucido in acciaio scanalato Ø2500x3300 |
| Standards & Codes | : | PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE (PED) 97/23/CE Calcoli in accordo al codice ASME Sez. VIII, Div.1 Ed.'10 |
| Pressione di progetto | bar-g / psi / MPa | 10 / 145 / 1 |
| Pressione massima di lavoro (Psmax) | bar-g / psi / MPa | 10 / 145 / 1 |
| Pressione minima di lavoro (Psmin) | bar-g / psi / MPa | 0 / 0 / 0 |
| Pressione di prova idraulica | bar-g / psi / MPa | 14.3 / 207.4 / 1.43 |
| Temperatura massima di esercizio (Tsmax) | °C / °F | 184 / 363.2 |
| Temperatura minima di esercizio (Tsmin) | °C / °F | 21 / 69.8 |
| Capacità | litri | 14500 |
| Peso monolucido assi nudi (incluso sistema di estrazione condensa) | Kg | 17000 |
| Peso complessivo (incluso sistema di estrazione condensa, cuscinetti) | Kg | ~18000 |
| Peso cuscinetti | Kg | ~80 |
| Peso supporti cuscinetti | Kg | ~300 |
| Peso sistema di estrazione condensa | Kg | ~1500 |
| Grado di equilibratura | : | G 2.5 (in accordo a ISO 1940) |
| Conducibilità termica del manto | W/m°K | 45 |
| Tipo di metallizzazione | : | RIF Varihard HE |
| Durezza rivestimento | HV | 1030 ÷ 1100 |
| Spessore metallizzazione | mm | $0.85^{+0.1}$ |
| Finitura superficiale della metallizzazione | Ra | 0.3 ÷ 0.45 µm |

| DIMENSIONI | | |
|---|---|---|
| Diametro | mm | 2500 |
| Lunghezza Tavola | mm | 3220 |
| Lunghezza totale con anelli di coibentazione | mm | 3300 |
| Interasse mezzeria | mm | 4000 |
| Larghezza carta sul monolucido | mm | 2950 |
| Lunghezza totale (compresi i perni) | mm | 5127 |
| Spessore nominale del manto | mm | 14 |
| Spessore di sovrametallo | mm | 0.5 |
| Profondità gole interne | mm | 28 |
| Numero di gole | N° | 98 |
| **MATERIALI** | | |
| Manto | : | SA516 Gr. 70 |
| Fiancate | : | SA516 Gr. 70 |
| Perni | : | SA105 |
| Tirante interno | : | SA516 Gr. 70 |
| Viti | : | SA193 B7M |

| ACQUA ALIMENTAZIONE GENERATORE DI VAPORE | | |
|---|---|---|
| Parametri | Max / Min | Attesi |
| Durezza totale (ppm = $MgCaCO_3$ / kg) | 0 ÷ 4 | 0 ÷ 1 |
| pH | 8,0 ÷ 9,5 | 8,7 ÷ 9,2 |
| Ossigeno (ppb) | 20 | < 10 |
| Diossido di Carbonio (ppm) | < 5 | 0 |
| Ferro (ppm) | 0,1 | < 0,05 |
| Rame (ppm) | 0,05 | < 0,025 |
| Conduttività (µmhos / cm) | < 7000 | 2000 ÷ 5000 |
| TDS - Solidi Totali (ppm) | < 3500 | < 2000 |

## 3.1.4 DESCRIZIONE

In questa parte del manuale sarebbe opportuno che il fabbricante fornisse opportune indicazioni riguardo le caratteristiche che deve avere l'impianto di alimentazione del vapore, considerato che spesso le interfaccia tra monolucido e l'impianto predetto non sono ben definite e le due parti sono gestite indipendentemente.

## 3.1.5 SICUREZZA

Di solito si fa riferimento ai rischi cui gli operatori sono esposti direttamente (meccanici, termici ecc.) e quelli connessi alla ispezione interna.

**Non sempre sono indicati i rischi relativi al fatto che il cilindro è un recipiente in pressione di IV categoria PED e che un suo eventuale danneggiamento, può determinare gravi inconvenienti con possibili conseguenze per persone e cose.**

Il fabbricante del monolucido dovrebbe quindi prendere in considerazione le diverse situazioni che possono compromettere la sicurezza del cilindro specificando le misure di prevenzione e protezione atte a evitare ogni possibile danno.

## 3.1.6 ESERCIZIO : PROCEDURE DI RISCALDAMENTO E DI RAFFREDDAMENTO

Nelle istruzioni devono essere sempre indicate le procedure di riscaldamento e raffreddamento allo scopo di non sottoporre il cilindro a stress termici che possano provocare eccessive sollecitazioni .

### 3.1.6.1 RISCALDAMENTO

Deve prevedere le seguenti fasi:

PRE-RISCALDAMENTO
durante il quale si porta il monolucido dalla temperatura ambiente fino a quella di circa 90÷95°C, mantenendolo pressoché alla pressione atmosferica; devono essere definite:

- velocità di rotazione minima del monolucido (per garantire un aumento di temperatura uniforme);
- pressione e portata di vapore per non superare assolutamente il gradiente di aumento della temperatura previsto dal fabbricante (p.e. 30÷50°C/h);
- modalità per il controllo della temperatura della superficie del cilindro.

PRESSURIZZAZIONE
durante la quale viene aumentata la pressione nel monolucido fino al valore minimo di esercizio, nella quale devono essere definite:

- velocità di rotazione del cilindro (sempre per garantire un aumento uniforme della temperatura );
- la curva di accrescimento della pressione nel tempo fino al raggiungimento della temperatura di regime;

#### 3.1.6.2 RAFFREDDAMENTO

Devono essere indicati:

- velocità di rotazione del monolucido da mantenere, per consentire una diminuzione in modo uniforme della temperatura;
- metodi di raffreddamento aggiuntivi, eventualmente consentiti e quelli assolutamente proibiti.

Delle suddette procedure devono essere indicate le descrizioni dettagliate delle logiche, in un formato tale che possano essere implementate nel sistema di controllo della macchina continua senza dar luogo ad equivoci.

### 3.1.7 ESERCIZIO : REGIME

Le istruzioni devono prendere in considerazione situazioni particolari che potrebbero causare pericolosi stress termici o anche semplici aumenti di temperatura superiori al valore consentito. In particolare devono essere indicate le logiche e le misure di sicurezza che devono essere realizzate per gestire eventi come:

- MANCANZA CARTA SUL CILINDRO
- ATTACCO E DISTACCO DELLE PRESSE
- INCENDI LOCALI

### 3.1.8 CONTENUTI DEL REGISTRO ATTREZZATURA

Come previsto dal D.Lgs. 81/2008 e vista l'importanza di alcune operazioni inerenti la sicurezza del cilindro monolucido si ritiene opportuna l'istituzione di un registro su cui annotare significative fasi di gestione dell'attrezzatura come ad esempio:

- numero di soste e ore di fermo macchina;
- incendi;
- interventi di manutenzione;
- controlli;
- verifiche.

## 3.2 DOCUMENTAZIONE IMPIANTO VAPORE

La documentazione fornita dal soggetto che realizza l'impianto vapore può essere carente di una serie di informazioni necessarie per la messa in servizio del cilindro monolucido e delle attrezzature in pressione ad esso asservite; messa in servizio che, legalmente, autorizza l'azienda cartaria al loro avviamento, e quindi all'esercizio dell'intera linea di produzione.

L'utilità di conoscere queste ulteriori informazioni, che dovrebbero essere contenute nella documentazione che viene fornita, è inoltre quella di far acquisire all'utilizzatore tutte quelle conoscenze sulla funzionalità dell'impianto nel suo insieme affinché questo, sia ai fini produttivi che della sicurezza, possa essere correttamente gestito in tutte le varie condizioni di funzionamento.

Le informazioni cui si fa riferimento riguardano in particolare:

- la descrizione delle logiche realizzate per attuare quanto previsto dal fabbricante del cilindro monolucido relativamente ai rischi connessi al vapore (pressione e temperatura);
- la definizione delle misure di sicurezza adibite al controllo della temperatura del vapore in ingresso al monolucido in tutte le fasi di esercizio;
- il dimensionamento della valvola di sicurezza e definizione delle relative procedure di manutenzione.

## 3.3 DOCUMENTAZIONE IMPIANTO AEROTERMICO

Anche in questo caso la documentazione fornita dal soggetto realizzatore dell'impianto, può essere mancante di una serie di informazioni che, analogamente a quanto detto sopra, avrebbero l'utilità di far acquisire all'utilizzatore le conoscenze sulla funzionalità dell'impianto nel suo insieme affinché questo possa essere correttamente gestito ai fini produttivi e della sicurezza.

Le informazioni cui si fa riferimento riguardano in particolare:

- la descrizione della logica che attua quanto previsto dal fabbricante del monolucido relativamente ai rischi connessi all'aria ad elevata temperatura (400÷650 °C);
- la definizione delle misure di sicurezza adibite al controllo della emissione dell'aria ad elevata temperatura in tutte le fasi di esercizio.
- le istruzioni e le modalità operative per la corretta manutenzione dei bruciatori.

# 4 CONDIZIONI OPERATIVE DEL CILINDRO MONOLUCIDO

Le condizioni operative prese in considerazione nei capitoli che seguono riguardano essenzialmente:

- AVVIAMENTO (⇨ Capitolo 5)
- FUNZIONAMENTO A REGIME (⇨ Capitoli 6 e 7)
- FERMATA (⇨ Capitolo 5)
- MANUTENZIONE (⇨ Capitoli 11)
- CONTROLLO & VERIFICHE (⇨ 13)

In ognuna di esse possono aver luogo eventi critici in grado di compromettere l'integrità del cilindro monolucido.

# 5 RISCALDAMENTO, RAFFREDDAMENTO

Le fasi di riscaldamento e raffreddamento del cilindro monolucido sono la condizione di esercizio per esso più delicate. Le variazioni della temperatura degli elementi strutturali del cilindro (mantello e testate) devono avvenire nel modo più uniforme possibile per evitare pericolosi stress termici. In Fig. 25 è rappresentato un esempio dell'andamento delle temperature sulle superfici esterne del cilindro monolucido.

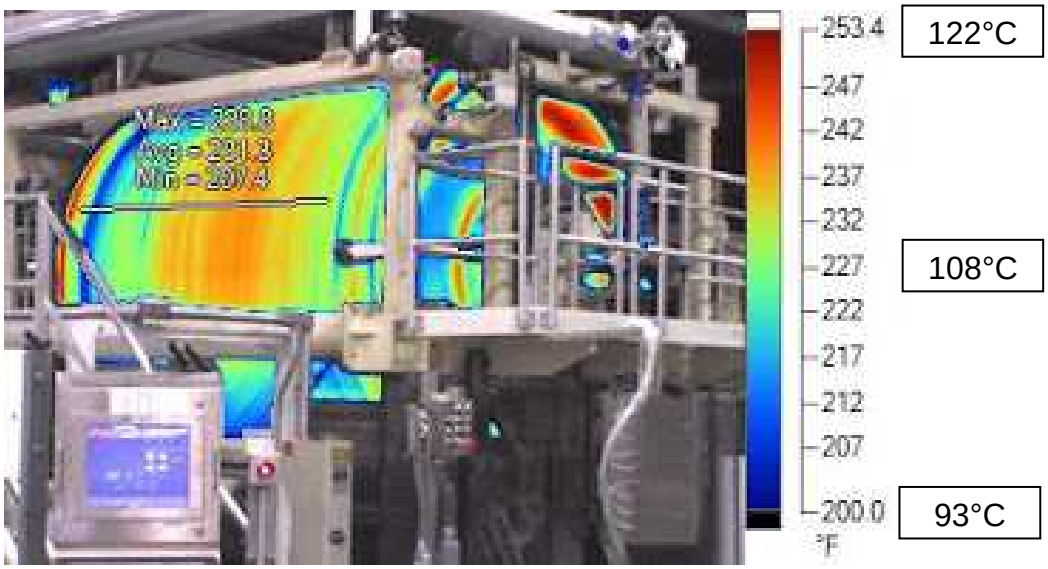



**Fig. 25 - Esame termografico di un cilindro monolucido**

## 5.1 PROCEDURA DI RISCALDAMENTO

Una volta portate a termine le operazioni relative alla preparazione meccanica del cilindro monolucido:

- avvio della lubrificazione dei cuscinetti,
- messa in marcia a bassa velocità per garantire un aumento di temperatura uniforme (le *"GUIDELINES FOR THE SAFE OPERATION OF YANKEE DRYERS - TAPPI 0101R244 - 1995"* raccomandano un minimo di 4 giri/min),
- preparazione della superficie esterna che sarà a contatto con la carta,

ha inizio la procedura di riscaldamento che deve essere descritta dettagliatamente dal fabbricante nel manuale di istruzioni. Il fabbricante deve inoltre indicare le modalità operative da seguire e le apparecchiature dell'impianto di alimentazione del vapore che, di norma, devono essere previste e sulle quali è necessario agire. Apparecchiature che, normalmente sono costituite da:

(1) **valvola di controllo del vapore in arrivo**: ha la funzione di regolare, in condizioni di regime, la quantità di vapore proveniente dal generatore e che deve alimentare il termocompressore;

(2) **valvola di warm-up**: è la valvola, di piccole dimensioni, da aprire e regolare durante la fase si riscaldamento;

(3) **valvola di make-up**: quando presente nell'impianto, è utilizzata per aggiustare le caratteristiche del vapore in uscita dal termocompressore;

(4) **termocompressore**: regolabile, ha la funzione di miscelare il vapore proveniente dalla caldaia, a pressione e temperatura più elevate, con quello che, a regime, fuoriesce dal monolucido insieme alla condensa e viene raccolto nel serbatoio relativo;

(5) **valvola di controllo del vapore in uscita** dal serbatoio della condensa;

(6) **valvola di scarico in atmosfera** del vapore in uscita dal serbatoio della condensa;

(7) **serbatoio di raccolta della condensa**.

La procedura di riscaldamento prevede le fasi di:

- **pre-riscaldamento**, durante il quale si porta il monolucido dalla temperatura ambiente fino a quella di circa 90÷95°C, mantenendolo pressoché alla pressione atmosferica;
- **pressurizzazione**, durante la quale viene aumentata la pressione nel monolucido fino al valore minimo di esercizio.

### 5.1.1 CONDIZIONI INIZIALI

Le condizioni iniziali del cilindro e delle apparecchiature dell'impianto di alimentazione del vapore devono prevedere:

- cilindro in marcia a bassa velocità, per garantire un aumento di temperatura uniforme, con l'impianto di lubrificazione in funzione;
- valvola di controllo del vapore in arrivo CHIUSA;
- valvola di warm-up CHIUSA;
- valvola di make-up CHIUSA;
- termocompressore CHIUSO;
- valvola di controllo del vapore in uscita dal serbatoio della condensa APERTA;
- valvola di scarico in atmosfera del vapore in uscita dal serbatoio della condensa APERTA;

### 5.1.2 FASE DI PRE-RISCALDAMENTO

Lo scopo di questa fase è quello di portare la temperatura del cilindro ad un valore di circa 90÷95°C.

Il monolucido è in marcia a bassa velocità, allo scopo di consentire che il riscaldamento avvenga in modo uniforme, inoltre la sua rotazione è necessaria per il corretto funzionamento dei dispositivi di estrazione della condensa.

Per iniziare il riscaldamento si deve aprire la valvola di sfiato in atmosfera del serbatoio di recupero della condensa, in modo che il cilindro non vada in pressione. A questo punto si può aprire la valvola di warm-up per l'alimentazione di vapore a bassa pressione (circa 0.1 bar) ed alla temperatura di circa 100°C.

Da questo momento in avanti la temperatura del monolucido inizierà a salire. L' aumento della temperatura (°C/h) non dovrà essere maggiore di quanto stabilito dal fabbricante. Indicativamente il gradiente orario va da circa 30 a 50°C/h.

Per essere certi di rispettare questo gradiente è necessario monitorare la temperatura della condensa raccolta nel relativo serbatoio e verificare la temperatura della superficie esterna del monolucido (LO, MEZZERIA, LT) con un termometro a contatto o con metodi alternativi di pari attendibilità. Se l'aumento della temperatura risulta troppo veloce, rispetto a quanto previsto dal fabbricante, ridurre gradualmente la apertura della valvola di warm-up.

Questa fase potrà considerarsi conclusa quando le temperature della condensa e dalla superficie esterna del cilindro avranno raggiunto entrambe il valore di circa 90÷95°C.

### 5.1.3 FASE DI PRESSURIZZAZIONE

Lo scopo della fase di pressurizzazione è quello di portare il cilindro monolucido fino alle condizioni operative.

Per prima cosa la velocità del cilindro deve essere aumentata fino al valore previsto dal fabbricante per la specifica fase.

Poi chiudere completamente la valvola di warm-up.

A questo punto si può incrementare la pressione in ingresso al monolucido intervenendo sulla valvola di controllo del vapore e sul termocompressore secondo opportuni gradienti stabiliti dal fabbricante. Un esempio di come viene descritta da alcuni fabbricanti la procedura per l'aumento graduale della pressione può essere così sintetizzato:

- da P=0 barG a P=1 barG, l'incremento di pressione dovrà essere di circa 1 barG/h e la valvola di sfiato in atmosfera del vapore in uscita dal serbatoio della condensa dovrà essere ancora mantenuta aperta al 100%;
- da P=1 barG a P=2 barG, l'incremento di pressione dovrà essere di circa 2 barG/h e la valvola di sfiato dovrà essere chiusa al 25%;
- da P=2 barG a P=Esercizio, l'incremento di pressione dovrà essere di circa 1 barG/5' e la valvola di sfiato dovrà essere completamente chiusa.

## 5.2 PROCEDURA DI RAFFREDDAMENTO

Per attuare un raffreddamento del cilindro monolucido in sicurezza si raccomanda di osservare la seguente procedura.

Diminuire la velocità del cilindro fino al valore previsto dal fabbricante .

Quindi, diminuire gradualmente la pressione del vapore fino a raggiungere il valore di 0 barG.

A questo punto sezionare l'alimentazione del vapore chiudendo il relativo dispositivo (p.e. valvola di controllo del vapore in arrivo).

Aprire completamente la valvola di scarico in atmosfera del serbatoio della condensa.

Diminuire ulteriormente la velocità del cilindro monolucido fino ad un valore sufficiente a garantire un raffreddamento uniforme (il numero di giri minimo previsto dalle *"GUIDELINES FOR THE SAFE OPERATION OF YANKEE DRYERS - TAPPI 0101R244 - 1995"* vale anche nel caso in esame) fino al raggiungimento della temperatura ambiente.

## 5.3 CONTROLLO ATTUAZIONE DELLE PROCEDURE

Premesso che in tutte le aziende del comparto gli impianti sono condotti e controllati costantemente da operatori altamente qualificati in grado di attuare tutte le procedure previste, i sistemi DCS, che sono presenti in quasi tutte le realtà produttive, hanno la funzione di automatizzare le procedure descritte con una adeguata affidabilità come stabilito dalla Direttiva 97/23/CE PED - Allegato I - 2.11.1.

Nella fase di **pre-riscaldamento** le **condizioni di sicurezza** sono affidate ai seguenti elementi:

- presenza di una tubazione di piccolo diametro, dedicata a questa fase, sulla quale è presente una **valvola di strozzamento** (manuale calibrata e non manomettibile) che, limitando la portata di vapore in ingresso al monolucido, determina un accrescimento delle temperatura coerente con quanto richiesto dal fabbricante;
- **chiusura della valvola di controllo del vapore e della eventuale valvola di make-up**, operazioni che possono essere gestite tramite DCS con un controllo di adeguata affidabilità.

In corrispondenza della fase di **pressurizzazione** il DCS, il quale dovrà anche registrare l'attuazione delle procedure sopra riportate evidenziandole graficamente, gestisce la valvola di controllo del vapore che limita l'aumento di pressione in coerenza a quanto indicato dal fabbricante del cilindro con adeguata affidabilità.

Considerato che tutte queste fasi, oltre ad essere gestite, vengono anche memorizzate dal Sistema di Controllo, qualora quest'ultimo venga bypassato (gestione manuale), si ritiene necessario che l'Operatore di Macchina, oltre a riportare il grafico del Sistema, relazioni succintamente - per iscritto - quanto eseguito, al fine di evidenziare interventi non conformi alle procedure previste a fronte dei quali potrà essere ritenuto necessario promuovere verifiche e/o controlli delle condizioni del cilindro.

# 6 MANCANZA CARTA SUL CILINDRO

Portati a termine l'avviamento ed il riscaldamento del cilindro monolucido descritti nel capitolo precedente potrà iniziare la produzione col passaggio della carta sul cilindro e l'invio all'arrotolatore della macchina continua. Dopo un periodo dedicato alle varie regolazioni, la macchina potrà essere portata alla massima velocità prevista nelle condizioni di regime.

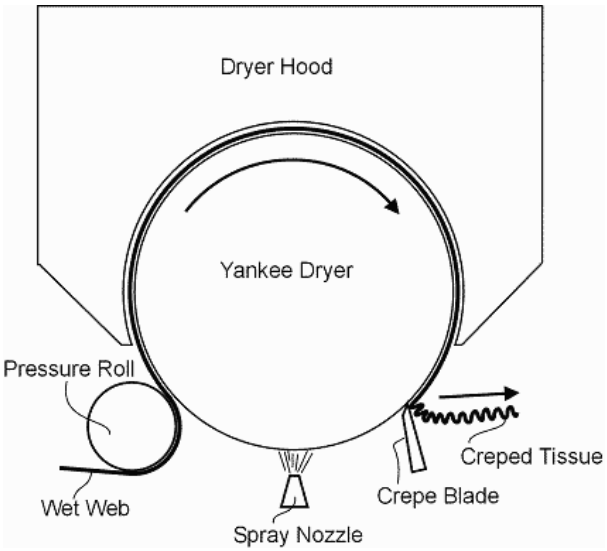



**Fig. 26 - Schema di principio della sezione monolucido**

Nella fase di normale produzione, possono però verificarsi ancora situazioni particolari. Una di queste è la **mancanza della carta sul monolucido**.

Questo evento annulla l'asportazione di calore dalla superficie esterna del cilindro normalmente prodotta dall'evaporazione dell'acqua ancora contenuta nella carta, di conseguenza si potrebbe verificare un eccessivo innalzamento della temperatura della superficie stessa a causa dell'azione riscaldante dell'aria della cappa.

Per gestire questa situazione è innanzitutto necessario attuare i seguenti passi, che possono essere effettuati tramite DCS:

- rilevamento della mancanza della carta
- abbassamento della pressione vapore nel monolucido a un valore di sicurezza
- apertura delle cappe
- nel caso di impianti classici, con cappe alimentate da aria riscaldata dalla combustione di gas metano : regolazione al minimo dei bruciatori ed dei ventilatori di ricircolo
- nel caso di impianti con cappe alimentate coi gas di scarico di turbine a gas : apertura dei by-pass dei gas di scarico per interromperne l'arrivo alle cappe
- gestione delle presse (⇨ 7).

Si ritiene inoltre opportuno prevedere un sistema adeguato che possa verificare l'effettiva attuazione dei passi sopra indicati.

Al fine di garantire migliori condizioni di sicurezza, a titolo di esempio, si potrebbero implementare controlli atti a:

- rilevare la mancanza della carta,
- rilevare l'apertura delle cappe,
- rilevare la regolazione al minimo dei bruciatori e dei ventilatori delle cappe,
- sezionare gli attuatori delle cappe (quando previsti).

Una soluzione alternativa potrebbe essere quella del monitoraggio diretto delle temperatura della superficie del mantello del monolucido. L'attuazione pratica di questa soluzione si scontra però con la disponibilità sul mercato di dispositivi di misura idonei, viste le condizioni ambientali particolarmente gravose all'interno della cappa e considerato che il cilindro monolucido è un organo in movimento.

Con la collaborazione di una azienda cartaria locale si sono portate avanti delle prove nella quali è stato utilizzato un rilevatore di temperatura senza contatto a raggi infrarossi (SIEMENS ARDOCELL PZ PYROMETER).

Purtroppo le prove non hanno dato risultati del tutto soddisfacenti. L'accuratezza della lettura dello strumento era infatti molto dipendente dalla lucentezza della superficie esterna del cilindro della quale si intendeva misurare la temperatura. Tra l'altro le condizioni in cui si trova in esercizio il cilindro monolucido, presenza e entità del trattamento di coating, falsano in modo importante le letture.

Ciò nonostante le prove sono state utili per evidenziare i seguenti fatti:

- Al verificarsi di una mancanza della carta sul cilindro, anche con il soffiaggio della cappa ancora in funzione, la temperatura delle superfice esterna del mantello inizia si a crescere, ma molto lentamente e si possono ritenere poco probabili stress termici in considerazione dell'attuazione dei passi previsti dal DCS.
- Nella stessa occasione e nelle medesime circostanze si è invece constatato che un eventuale distacco e successivo accostamento di una pressa, col relativo feltro bagnato ha provocato un brusco raffreddamento della superficie del mantello.

# 7 ACCOSTAMENTO E PRESSIONE DI CONTATTO PRESSE

## 7.1 ACCOSTAMENTO

Le prove effettuate hanno evidenziato che l'accostamento presse è un'operazione che non può essere eseguita in qualunque condizione di esercizio del monolucido, ma deve essere effettuata secondo una ben definita procedura che garantisca che il cilindro sia in condizioni di temperatura tali da evitare stress termici.

Innanzitutto è necessario diminuire la pressione del monolucido fino al valore minimo di esercizio. Una volta accertata che la temperatura corrispondente a questo stato di pressione corrisponde alle condizioni richieste, l'accostamento delle presse può avvenire liberamente previa verifica dello stato di umidità del feltro.

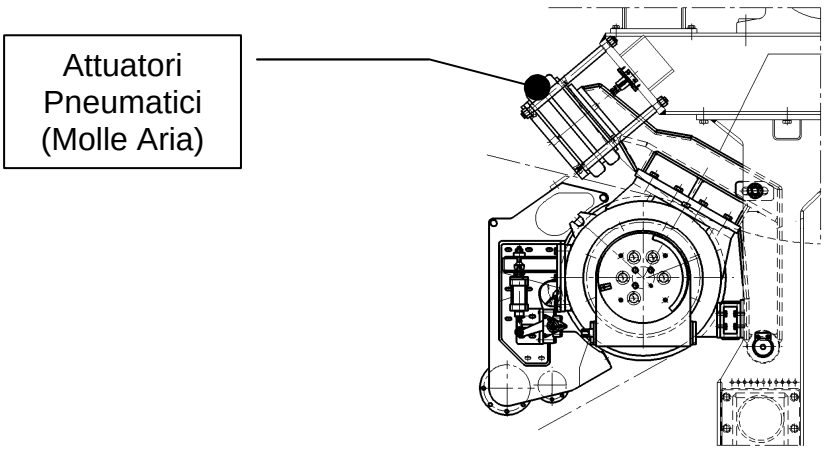



**Fig. 27 - Cinematismo di Accostamento della Pressa Aspirante**

## 7.2 PRESSIONE DI CONTATTO

La pressione di contatto tra le presse e il cilindro monolucido non deve superare i limiti previsti dal fabbricante del cilindro.

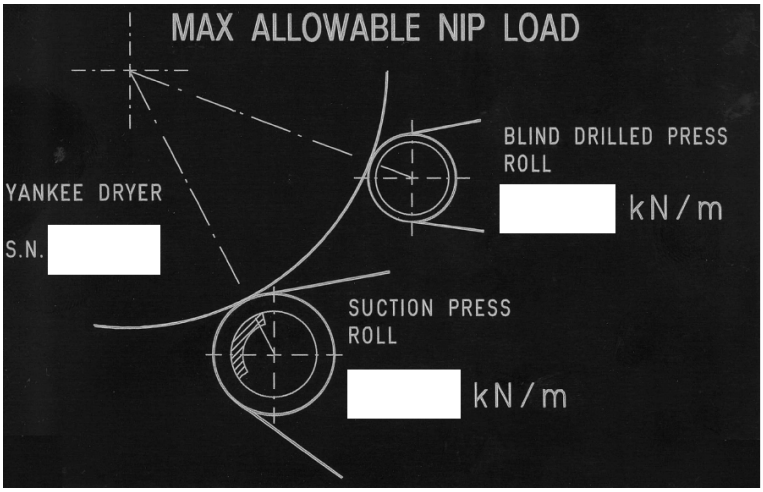



**Fig. 28 - Pressione di contatto tra cilindro monolucido e presse**

Un malfunzionamento del sistema di automazione può portare ad avere valori di pressione di contatto che possono risultare pericolose per l'integrità del sistema.

L'inconveniente ipotizzato può essere eliminato adottando un dispositivo che consenta un controllo affidabile della pressione.

# 8 GESTIONE DEGLI INCENDI LOCALI

Capita che nel normale processo produttivo si verifichino incendi di carta, o polveri di carta, in prossimità del cilindro monolucido sui quali è necessario intervenire.

Interventi di estinzione non appropriati che vanno ad interessare le superfici calde del cilindro possono dar luogo a sollecitazioni da stress termico molto importanti e comunque tali da poterne determinare anche il collasso strutturale.

La Fig. 29 mostra in modo qualitativo l'andamento delle temperature nelle zone superficiali del monolucido interessate da bruschi raffreddamenti. Come si vede la temperatura passa da valori relativamente bassi (zone blu) ai valori della temperatura cui normalmente il cilindro si trova a regime (100÷110°C) in porzioni di materiale molto limitate.

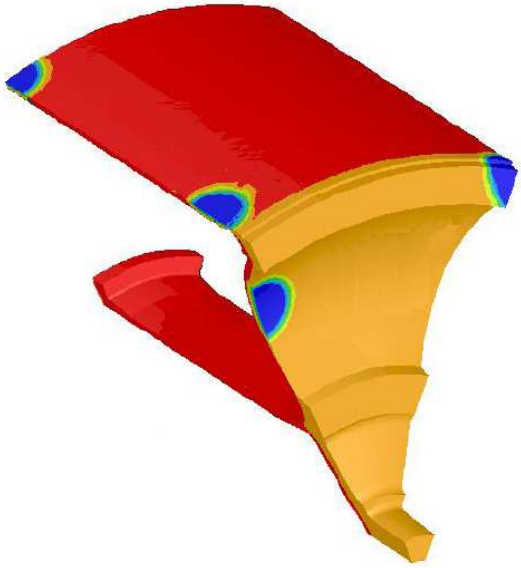


**Fig. 29 - Distribuzione locale delle temperature per raffreddamenti localizzati**

Sono assolutamente da evitare interventi con violenti getti d'acqua direttamente indirizzati contro le superfici del monolucido (sia mantello che testate) (Fig. 30).

**Fig. 30 - Getti d'acqua**

Per l’estinzione si potrebbe fare ricorso a **sistemi ad acqua nebulizzata** installati in posizione tale da non investire direttamente il monolucido, inoltre è necessario attuare una procedura che preveda:

- il mantenimento in rotazione del cilindro, se possibile, in quanto ciò ne consente un raffreddamento più uniforme;
- l’arresto delle pompe di miscelazione (fan-pump) allo scopo di non alimentare ulteriormente l’incendio e far si che si attuino le misure di sicurezza conseguenti alla mancanza carta già descritte nel capitolo 6;
- la regolazione al minimo o spegnimento dei bruciatori e dei ventilatori della cappa;

Nell’impossibilità di predisporre impianti come quelli sopra descritti, il ricorso a sistemi manuali comportanti l’utilizzo di acqua e pressione e portata limitate, potrà essere attuato a condizione che tali sistemi siano impiegati da personale addestrato e consapevole.

Si ritiene opportuno che a fine intervento il Responsabile di macchina relazioni succintamente per iscritto quanto avvenuto. Ciò soprattutto per evidenziare comportamenti non conformi alle procedure previste, in dipendenza dei quali è necessario promuovere azioni di verifica e controllo delle condizioni del cilindro monolucido.

Considerato che gli incendi in questa sezione di macchina sono, nella maggioranza dei casi, attribuibili alla polvere di carta che si accumula durante il processo sulle strutture del macchinario, si raccomanda di attuare un frequente e periodica pulizia delle zone interessate.

# 9 SOLLECITAZIONE PER CORPI ESTERNI

La presenza accidentale di corpi esterni e/o l'utilizzo di attrezzature che possano finire fra cilindri presse e cilindro monolucido (piccole parti di macchina, utensili, ecc.) potrebbe causare danni anche gravi al monolucido. Sarà quindi opportuno definire procedure e adottare accorgimenti per evitare tali situazioni.

# 10 APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA

La norma di tipo C relativa alle macchine carta tissue (EN 1034-17 : Punto 1 Scopo) non si applica alle problematiche legate alla pressione del cilindro monolucido, ma rimanda alla direttiva PED la quale, pur definendo i dispositivi di "*misurazione, controllo e regolazione per la sicurezza*" ed i principi cui gli stessi devono rispondere, non richiama alcuna normativa concernente le modalità per conseguire gli obbiettivi richiesti.

Nei capitoli precedenti si è fatto spesso riferimento a controlli di “adeguata affidabilità”.

L’Allegato I della direttiva PED dice che gli accessori di sicurezza devono “…..*essere conformi ai principi di progettazione appropriati per ottenere una protezione adeguata ed affidabile. Detti principi comprendono segnatamente un sistema "fail-safe", un sistema a ridondanza, la diversità e un sistema di autocontrollo….”*.

In considerazione di quanto sopra, si raccomanda un’analisi sulla effettiva affidabilità dei sistemi di controllo in uso, attuando, se del caso, quegli ulteriori interventi ritenuti necessari.

# 11 INTERVENTI ALL'INTERNO DEL MONOLUCIDO

## 11.1 PREMESSA

Tutte le operazioni, gli interventi, compresi quelli attinenti le situazioni di emergenza riportati nei paragrafi che seguono, dovranno essere oggetto di attenta valutazione da parte dell'azienda, mediante opportune procedure che ogni realtà produttiva avrà cura di attuare in relazione alle specifiche caratteristiche costruttive dei macchinari in uso e alle condizioni dei luoghi in cui detti macchinari sono installati.

## 11.2 OPERAZIONI PRELIMINARI

E' ovvio che, ancor prima dell'accesso, sarà necessario assicurare che il cilindro monolucido, in tutte le sue parti, sia in condizioni tali da garantire i successivi interventi in sicurezza. Si dovranno quindi attuare, tutte quelle fasi operative che di seguito vengono riportate:

- RAFFREDDAMENTO del cilindro monolucido.
- SEZIONAMENTO in condizioni di sicurezza dell'alimentazione del vapore.
- SEZIONAMENTO dei motori principali e, se presente, del comando domenicale, compreso l'eventuale scollegamento del monolucido dalla trasmissione meccanica al fine di renderlo libero di ruotare manualmente.
- SEZIONAMENTO di eventuali altre fonti di energia che possono dar luogo a situazioni di pericolo.
- POSIZIONAMENTO dei passi d'uomo nelle condizioni più idonee per rendere sicuri l'ingresso e l'uscita, anche mediante adeguati mezzi d'accesso.
- BLOCCAGGIO MECCANICO, con dispositivi di sicura efficacia e facilmente removibili qualora si verifichino particolari situazioni che necessitino di far ruotare il cilindro manualmente.
- APERTURA DEI PASSI D'UOMO.
- VENTILAZIONE dell'interno del monolucido.
- CONTROLLO DELL'ATMOSTERA INTERNA AL MONOLUCIDO.

## 11.3 TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI

Gli interventi da eseguire all'interno del monolucido possono essere così sintetizzati.

- CONTROLLI VISIVI.
- OPERAZIONI DI MANUTENZIONE (pulizia, sostituzioni di parti, riparazioni).

- VERIFICHE STRUTTURALI (liquidi penetranti, controlli non distruttivi, ecc.) da eseguirsi in conformità alle rispettive normative di buona tecnica.
- VERIFICHE PERIODICHE DI LEGGE.

## 11.4 PERSONALE INCARICATO

Chiunque acceda all'interno del monolucido, oltre ad essere in condizioni psico-fisiche idonee per le operazioni da compiere, dovrà essere a conoscenza delle modalità di accesso, di permanenza e di uscita dall'interno del monolucido.

Le figure previste sono:

- OPERATORI ALL'INTERNO, incaricati di eseguire l'intervento, in numero non inferiore a due.
- OPERATORE ALL'ESTERNO, dipendente dell'azienda, incaricato dell'assistenza e addestrato e formato per l'emergenza e le operazioni di primo intervento.
- SQUADRA DI EMERGENZA E DI PRONTO SOCCORSO, in numero adeguato e in allerta. In considerazione della particolarità del luogo in cui la squadra di emergenza è chiamata ad intervenire per effettuare i soccorsi in caso di sinistro, sarà opportuno mettere in atto anche esercitazioni mirate, allo scopo di far acquisire ai componenti della squadra stessa quella conoscenza e padronanza utili per un efficace intervento. Sempre ai fini della formazione dei componenti la squadra, sarà utile esaminare le criticità da affrontare in occasione di periodiche riunioni.

## 11.5 MISURE DI SICUREZZA

Ogni realtà produttiva, in relazione alla specificità dei luoghi e dei macchinari in uso, dovrà mettere in atto quelle misure di sicurezza che possono essere così individuate:

- PUNTI DI AGGANCIO ESTERNI e relativi SISTEMI ANTICADUTA nell'eventualità che l'ingresso e l'uscita avvengano col passo d'uomo posizionato in alto.
- DPI: oltre a quelli consueti, si ritiene opportuno utilizzare caschi da ponteggiatore che, oltre ad essere meno ingombranti, garantiscono una migliore visibilità rispetto agli elmetti tradizionali e sono muniti di sottogola a sgancio di sicurezza.
- APPARECCHI RICE-TRASMITTENTI che permettano la comunicazione tra gli operatori all'interno del monolucido e quelli che stazionano all'esterno.
- IMPIANTI DI ASPIRAZIONE LOCALIZZATI in caso di attività specifiche comportanti la produzione di fumi e/o altri prodotti di combustione.
- APPARECCHIATURE ELETTRICHE e relative alimentazioni idonee alle condizioni ed alle caratteristiche del luogo d'intervento il quale deve essere considerato "ambiente confinato" e "luogo conduttore ristretto".
- MANTENIMENTO SUL POSTO dell'apparecchiatura della ventilazione forzata da utilizzare nei casi necessità.

## 11.6 CONDIZIONI OPERATIVE

### 11.6.1 PREMESSA

Dall'analisi delle tipologie e caratteristiche delle attrezzature in esercizio esistenti nelle varie realtà produttive presenti sul territorio, è risultata evidente la necessità di evitare che coloro che accedono all'interno del cilindro, effettuino gli interventi di competenza operando "in altezza", ancorché assicurati a sistemi anticaduta quali linee vita o altri apprestamenti per lavori in quota. Sistemi che esporrebbero comunque gli operatori a rischi di urti estremamente pericolosi contro le parti interne del monolucido, in caso di un'eventuale caduta.

Inoltre, apprestamenti aggiuntivi di questo tipo, che il costruttore non ha previsto in sede di progetto, potrebbero risultare non compatibili con le condizioni di funzionamento dell'attrezzatura.

Condizioni operative che comportano senz'altro un minor rischio si conseguono facendo lavorare le persone che accedono all'interno dell'attrezzatura in modo che le stesse siano sempre posizionate nella zona bassa del cilindro. Infatti i rischi di urti pericolosi connessi ad eventuali cadute dall'alto, sarebbero limitati solo alle fasi di ingresso e uscita, qualora il passo d'uomo debba necessariamente essere posizionato in alto rispetto all'asse orizzontale del monolucido.

La possibilità per gli operatori di intervenire su tutte le parti interne del cilindro in condizioni di maggior sicurezza, si potrà quindi conseguire tramite piccole successive rotazioni manuali del cilindro stesso previo sbloccaggio di quest'ultimo.

Ai fini della sicurezza sarà necessario, compatibilmente con gli interventi da eseguire, limitare al minimo indispensabile il numero delle rotazioni.

Ovviamente tali rotazioni dovranno permettere di riportare i passi d'uomo nelle posizioni di massima fruibilità.

### 11.6.2 ASPETTI DA VALUTARE

E' opportuno che le fasi di ingresso, permanenza e uscita dal monolucido anche ai fini dell'emergenza, siano oggetto, da parte di ogni singola realtà produttiva, di una preventiva valutazione inerente i seguenti aspetti.

**Individuazione dei passi d'uomo più adatti**

Tenuto conto di quanto riportato in premessa, si individuerà il passo d'uomo, presente sul lato operatore o sul lato trasmissione, sulla base degli ingombri esistenti all'intorno del macchinario. Passo d'uomo che, in considerazione della struttura della macchina, sarà portato nella posizione più agevole, privilegiando quella che permetta di accedere direttamente nella parte inferiore del monolucido (⇨ Fig. 31 Posizione Bassa).

Qualora sia indispensabile portare il passo d'uomo in altezza al fine di renderlo fruibile (⇨ Fig. 31 Posizione Alta), si dovranno utilizzare quegli apprestamenti di sicurezza anticaduta indicati al paragrafo 11.5.

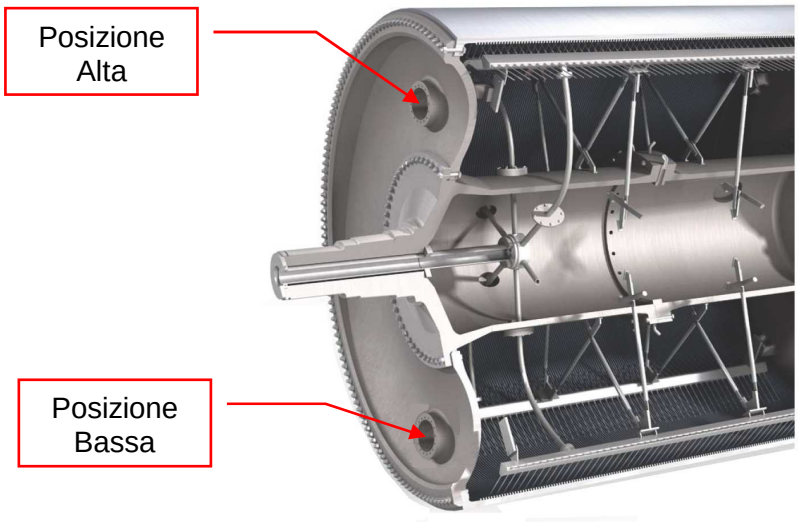



**Fig. 31 - Passo d'uomo**

**Fase di rotazione**

Gli operatori all'esterno, previo sbloccaggio del cilindro, potranno agevolmente determinare la lenta rotazione del cilindro stesso, così da permettere agli operatori che si trovano all'interno di poter raggiungere, e quindi operare su tutte le altre parti del monolucido senza doversi portare in altezza.

Si dovrà prevedere un'attrezzatura che pur consentendo di ruotare manualmente il cilindro ne assicuri il bloccaggio nelle varie posizioni desiderate.

In questa particolare fase è indispensabile garantire un perfetto coordinamento tra gli operatori all'interno e gli addetti all'esterno al fine di gestire tutte quelle situazioni di rischio che ancora permangono, come ad esempio i pericoli di cesoiamento fra parti mobili e strutture fisse che si vengono a creare nel corso di queste lente rotazioni.

**Spostamento dei passi d'uomo a seguito della rotazione**

E' evidente che durante queste lente rotazioni, i passi d'uomo si spostano dalle posizioni iniziali. Comunque, la presenza di almeno due operatori all'interno, in grado di mantenere costantemente il coordinamento con gli addetti all'esterno che dispongono dell'attrezzatura di cui sopra, costituisce una misura di sicurezza idonea a garantire, in tempi rapidi, il ripristino delle condizioni di perfetta fruibilità del passo d'uomo più idoneo ad assicurare l'uscita dal cilindro anche in situazioni di emergenza in cui è necessario agire rapidamente ai fini di un efficace soccorso.

## 11.7 EMERGENZA E RELATIVI PRESIDI

Tra le misure di sicurezza per far fronte alle situazioni di emergenza quelle che, indicativamente, dovrebbero essere predisposte all'esterno, nelle immediate adiacenze del monolucido al fine di renderle subito disponibili, sono:

- Barelle idonee (Fig. 30 e 31).
- Attrezzatura per il recupero della barella se necessaria
- Autorespiratori.
- Dispositivi per il recupero.
- Sistemi di ventilazione forzata.
- Presidi per il primo intervento.

**Fig. 32 - Barella specifica per passo d'uomo**

**Fig. 33 - Introduzione della barella**

In ogni caso la gestione dell'emergenza, oltre a tener conto della specificità dei luoghi e dei macchinari installati, dovrà essere organizzata soprattutto in relazione al tipo di intervento che si manifesta, valutando tutti quegli aspetti e circostanze che permettano di agire nel più breve tempo possibile, salvaguardando comunque le condizioni di sicurezza dei soccorritori.

# 12 CONTROLLI & RIPARAZIONI

## 12.1 CONTROLLO ORGANI DI COLLEGAMENTO TESTATE

Anche in riferimento a quanto stabilito dal comma 8 dell'articolo 71 del D.Lgs. 81/2008 e considerata la particolare importanza che rivestono questi organi di collegamento - parti integranti ed essenziali del cilindro monolucido, attrezzatura che per le sue condizioni di installazione e funzionamento può essere soggetta a influssi - si ritiene opportuno che, oltre alle verifiche di integrità con periodicità decennale previste dalla normativa vigente, siano eseguiti ulteriori controlli, da effettuarsi con tecniche non distruttive, in modo da rilevare l'insorgere anche dei più piccoli deterioramenti.

L'accoppiamento a viti mordenti (vedere 1.3.4) necessita di intensificare la frequenza di indagini e controlli non distruttivi che possono interessare anche le testate ed il mantello.

Se a seguito di tali controlli si rilevassero elementi non più idonei, si raccomanda la sostituzione di quelli difettosi con altri identici aventi le caratteristiche previste in origine dal fabbricante.

## 12.2 SISTEMI DI COIBENTAZIONE DELLE TESTATE

Premesso che l'installazione di questi sistemi deve essere stata valutata ed approvata dal fabbricante, anche in questo caso sussiste la necessita di effettuare gli stessi controlli previsti per le viti mordenti.

## 12.3 SPINATURE

Essendo le operazioni di spinatura un particolare intervento di manutenzione (per il quale si applicano le disposizioni del DM 329/2004), è quanto mai necessario che lo stesso intervento venga eseguito da aziende specializzate di comprovata esperienza, le quali rilascino documentazione idonea attestante le modalità esecutive del lavoro certificando le risultanze degli interventi effettuati.

Si ricorda che anche per gli interventi di spinatura è necessario fare riferimento a quanto indicato dal fabbricante. In merito è opportuno ricordare che nella pubblicazione *"GUIDELINES FOR THE SAFE OPERATION OF YANKEE DRYERS - 0101R244 - TAPPI 1995"* sono indicate le corrette modalità esecutive per questo tipo di interventi.

## 12.4 RETTIFICHE

Le operazioni di rettifica della superficie esterna del mantello del monolucido, che vengono periodicamente eseguite dall'utilizzatore per garantire il mantenimento delle previste caratteristiche di qualità del prodotto (carta), non sono da considerarsi operazioni

di riparazione. Comunque è opportuno che, dopo ogni rettifica, si proceda al controllo dello spessore residuo del mantello in modo da accertare che lo stesso non scenda al di sotto del valore imposto dal fabbricante.

# 13 VERIFICHE DI LEGGE

## 13.1 VERIFICHE DI PRIMO IMPIANTO

Come è noto, per la messa in servizio delle attrezzature a pressione ( Art. 6 del DM 329/2004) l'utilizzatore, oltre a produrre all'Organo preposto (INAIL ex ISPESL) tutta una serie di documenti di sua esclusiva competenza, è tenuto a presentare anche il verbale di Verifica di primo impianto che viene rilasciato dal citato Organo a conclusione di un sopralluogo di verifica (Art. 4 del DM 329/2004).

L'Organismo Preposto Territoriale (INAIL ex ISPESL) è impegnato ad espletare gli adempimenti di competenza (verifiche di primo impianto e prima verifica periodica) nei tempi previsti.

## 13.2 VERIFICHE PERIODICHE

Il DM 329/2004 prevede anche verifiche periodiche, dette anche di riqualificazione periodica, che si suddividono in:

a) **verifiche d'integrità** come definite **all'articolo 12**;
b) **verifiche di funzionamento** come definite **all'articolo 13**.

Il cilindro monolucido è una attrezzatura classificata in categoria IV (D.Lgs. n° 93/2000, Allegato II) contenente un fluido di categoria 2 (D.Lgs. n° 93/2000, Art. 3), le verifiche di riqualificazione periodica previste sono regolamentate dal DM 329/2004, Allegato B che prevede:

| | |
|---|---|
| • *verifica di funzionamento (DM 329/2004, Art. 13)* | *ogni 3 anni* |
| • *verifica di integrità (DM 329/2004, Art. 12)* | *ogni 10 anni* |

Per quanto concerne la verifica degli accessori e dei dispositivi di sicurezza, come definiti dal decreto in questione si rimanda, per brevità del documento, a quanto richiesto dall'articolo 9 del DM 329/2004.

Tuttavia i cilindri monolucidi sono attrezzature a pressione particolari, in quanto organi di macchina sottoposti a sollecitazioni di diversa origine. Per questo motivo, già da diversi anni, la locale Azienda USL Lucca ha concordato con le aziende una periodicità diversa da quella stabilita per legge e cioè la seguente (salvo indicazioni più restrittive da parte del fabbricante).

| | |
|---|---|
| • *verifica di funzionamento (DM 329/2004, Art. 13)* | *ogni 2 anni* |
| • *controllo visivo interno e controlli non distruttivi* | *ogni 2 anni* |
| • *in presenza di collegamenti a viti mordenti, controlli non distruttivi delle viti (preliminari ad eventuali altre indagini)* | *ogni anno* |
| • *in presenza di sistemi di coibentazione delle testate aggiuntivi, indagini preliminari sulla zona di interfaccia fra testate e mantello* | *ogni anno* |
| • *verifica di integrità (DM 329/2004, Art. 12)* | *ogni 10 anni* |

Poiché non è opportuno effettuare nello stesso momento la verifica di funzionamento (cilindro caldo) e il controllo visivo interno (cilindro freddo), si è instaurata la prassi di eseguire queste verifiche alternativamente (funzionamento un anno, controllo visivo interno l'anno successivo).

Queste modalità di intervento permettono di conseguire maggiori condizioni di sicurezza in quanto l'attrezzatura è controllata con frequenza annuale da parte delle aziende e dell'Organo preposto alle verifiche di legge.

# 14 ADDESTRAMENTO & FORMAZIONE

L'elevato valore economico delle attrezzature descritte nel presente documento, che in pratica costituiscono il patrimonio aziendale deputato al processo produttivo di una qualsiasi cartiera del settore Tissue, impone la necessità, per l'Utilizzatore, non solo di mantenere in costante efficienza il macchinario in parola attraverso una puntuale ed efficace manutenzione che garantisca nel tempo l'integrità e la funzionalità dello stesso, ma anche di disporre di Maestranze altamente qualificate in grado di utilizzare correttamente l'Impianto produttivo nel suo complesso e in tutte le condizioni operative.

Questa necessità, in linea con le disposizioni di legge in materia di sicurezza nei luoghi di lavoro che obbliga il "Datore di Lavoro" ad addestrare e formare coloro che operano sugli impianti in argomento, implica l'esigenza di fornire agli Addetti quell'addestramento e formazione che permetta loro di assicurare in ogni fase del processo produttivo ***(procedure di riscaldamento, inizio ciclo, passaggio carta, operazioni di ripristino per mancanza carta, messa in sicurezza, verifiche, controlli, ispezioni, rilievi strumentali, prove non distruttive, ecc.)*** non solo il corretto funzionamento degli impianti, ma soprattutto di esercire gli stessi in condizioni di sicurezza.

È necessario quindi, che da parte dei Responsabili aziendali siano attuate tutte quelle azioni volte a far acquisire al Personale preposto quelle capacità e conoscenze tali da evitare che si verifichino situazioni di pericolo che possono dar luogo anche ad eventi di rilevante gravità, quali: esplosioni, fuoriuscita di fluidi in pressione e ad elevata temperatura, distacchi e proiezioni di materiali, ecc..

Oltre alla formazione specifica sulle manovre e le azioni da compiere e sulle procedure da seguire affinché ogni singola fase di processo possa essere gestita correttamente e in sicurezza, si dovrà garantire, attraverso uno specifico addestramento pratico, la perfetta conoscenza di come intervenire per far fronte a tutte quelle possibili situazioni in grado di produrre danni alle persone e al patrimonio aziendale.

Le procedure e le modalità d'intervento, basate sulle indicazioni e le istruzioni dei Costruttori e dei Fornitori degli impianti in argomento, dovranno essere oggetto di specifici ordini di Servizio e di chiare Disposizioni Aziendali, da riportare anche su avvisi permanentemente affissi sul posto di lavoro (sala controllo, tavoli di comando, ecc.), la cui conoscenza deve essere ben acquisita e fatta propria dagli Operatori addetti per scongiurare che – nel tempo – possano essere messi in atto azioni e comportamenti non corretti ai fini della sicurezza.

# 15 RINGRAZIAMENTI

Per l’elaborazione del presente documento, si ringrazia in particolare la:

| | |
|---|---|
| TOSCOTEC<br>Macchine e Impianti per Cartiere - Lucca - Italia | Per le immagini concesse e le informazioni tecniche relative ai cilindri monolucidi in acciaio. |

siamo inoltre riconoscenti a:

| | |
|---|---|
| ANDRITZ<br>Macchine e Impianti per Cartiere - Austria | Per alcune immagini tratte dal web. |
| metso paper<br>ora<br>Valmet<br>Macchine e Impianti per Cartiere - Finlandia | Per alcune immagini tratte dal web. |
| TAPPI JOURNAL<br>WWW.TAPPI.ORG<br>Rivista Tecnica - USA | Per le immagini tratte da diversi articoli |